



Dynamiques environnementales

Journal international de géosciences et de l'environnement

42 | 2018

Du glint baltique au lac Peïpous

La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques

Marko Vainu, Jaanus Terasmaa et Quentin Choffel



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/dynenviron/2100>

DOI : 10.4000/dynenviron.2100

ISSN : 2534-4358

Éditeur

Presses universitaires de Bordeaux

Édition imprimée

Date de publication : 1 juillet 2018

Pagination : 208-235

ISSN : 1968-469X

Référence électronique

Marko Vainu, Jaanus Terasmaa et Quentin Choffel, « La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques », *Dynamiques environnementales* [En ligne], 42 | 2018, mis en ligne le 01 juin 2019, consulté le 02 mai 2021. URL : <http://journals.openedition.org/dynenviron/2100> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dynenviron.2100>



La revue *Dynamiques environnementales* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.



La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques

Marko Vainu, Jaanus Terasmaa, Quentin Choffel

Institut d'écologie de l'université de Tallinn
Uus-Sadama 5, 10120 Tallinn, Estonie.
mvainu@tlu.ee

English text p. 376

Résumé

La région des lacs de Kurtna, située dans le nord-est de l'Estonie, compte le plus grand nombre de lacs par km² du pays : 38 lacs naturels sur une superficie de 30 km². Cette zone unique a subi une forte influence anthropique au milieu du 20^e siècle et cette influence est encore d'actualité. L'extraction de schiste bitumineux, de sable et de tourbe, le captage d'eau souterraine et d'eau de surface : tout cela a affecté les lacs de la région. Les niveaux d'eau des lacs ont baissé, la chimie des lacs et, par conséquent, les écosystèmes lacustres, se sont transformés. Pour certains lacs, les effets ont été plus importants, tandis que pour d'autres, presque aucun changement ne s'est fait ressentir. En 1987, une zone de protection du paysage a été créée, mais cela n'a pas résolu les problèmes. La région des lacs comptait auparavant cinq lacs d'eau claire rares à faible teneur en nutriments et en minéraux (L. Valgejärv, L. Liivjärv, L. Ahnejärv, L. Martiska, L. Kuradijärv). Aujourd'hui, la plupart d'entre eux ont subi un processus d'eutrophisation, dû à la baisse du niveau de l'eau, mais le lac Valgejärv, avec ses communautés végétales uniques préservées, est toujours considéré comme l'un des lacs les plus précieux sur le plan écologique en Estonie. La région des



lacs compte également le seul lac sidérotrophe (riche en fer) d'Estonie, le lac Räätsma. Les lacs Nõmmejärv et Konsu ont vu leur régime hydrique changer de façon considérable. Le lac Nõmmejärv reçoit l'afflux d'eau minière riche en sulfates, et le lac Konsu a été transformé en réservoir d'eau de surface pour une usine de traitement du schiste bitumineux. Le lac Kihljärv, en revanche, s'est effectivement asséché au cours des dernières années. Dans le même temps, le pittoresque lac Saarejärv n'a, quant à lui, pas subi de transformation majeure. Par conséquent, la région des lacs de Kurtna est une zone de forts contrastes : elle a conservé une partie de son état originel, soit une nature vierge, et il s'agit en partie d'un triste exemple de consommation excessivement avide des ressources naturelles.

Mots-clés

Estonie, lacs, influence anthropique, Directive Habitats, changement des niveaux d'eau, extraction d'eau souterraine, extraction de schistes bitumineux, découpe de tourbe, afflux d'eau souterraine, *Isoetes lacustris*, *Lobelia dortmanna*, formation de sulfures.



Région des lacs de Kurtna

En Estonie, pays riche en lacs, l'un des paysages lacustres les plus spectaculaires est situé au nord-est. La région des lacs de Kurtna est la région lacustre la plus vaste d'Estonie. Elle compte 38 lacs naturels répartis sur une zone de 30 km². Les lacs varient de très petits (0,1 ha) à moyens (146 ha), et sont très diversifiés en matière d'hydrologie et de limnologie. La majorité de la région des lacs fait partie d'une zone nationale de protection du paysage, et une partie est également incluse dans une zone spéciale de conservation de l'Union Européenne (formée conformément à la Directive Habitats 92/43/CEE). Par conséquent, il semblerait que ce paysage unique soit bien protégé contre tout dommage causé par l'homme. La réalité est malheureusement bien différente. La région des lacs est entourée et traversée par des zones dans lesquelles diverses ressources naturelles sont exploitées. Cela a un effet négatif direct sur l'écosystème des lacs.

La région des lacs est située dans et autour du champ de kames de Kurtna, qui se compose de collines (kames) et de petites crêtes qui s'étendent de 40 à 70 m au-dessus du niveau marin et sont séparées par des kettles (figure 1). La majeure partie du paysage est couverte de forêts de pins sylvestres, avec parfois des boulaies, dans des kettles sèches et près des rives du lac. Le paysage s'est formé au-dessus de l'ancienne vallée de Vasavere suite au retrait d'une nappe glaciaire à la fin de la dernière glaciation (Weichselian), il y a environ 12 200 à 12 300 ans (Karukäpp, 1987). Les kames sont constitués de sables et de graviers glaciolacustres et fluvio-glaciaires. Les kettles qui les séparent sont d'origine glaciokarstique et se sont formés après la fonte de blocs de glace partiellement enfouis, que le glacier a laissée derrière lui. L'élévation du ni-

veau des eaux souterraines a provoqué le remplissage de nombreux kettles et la formation des lacs. Le champ de kames est entouré par les plaines paludifiées du nord, de l'est et de l'ouest, ainsi que par la moraine de Kuremäe au sud.

L'ancienne vallée de Vasavere est une formation géologique profonde s'enfonçant jusqu'à 80 m dans les roches sédimentaires. Le socle cristallin de la région se trouve entre 220 et 240 m sous le niveau de la mer et est recouvert de roches terrigènes de l'Édiacarien et du Cambrien, ainsi que de roches carbonatées de l'Ordovicien (Puura *et al.*, 1987). La vallée de Vasavere traverse les roches de l'Ordovicien. Les couches de calcaire et de schiste bitumineux de l'Ordovicien sont séparées des sables et graviers par une couche discontinue de tillite. Les sédiments hautement perméables de la vallée contiennent un aquifère d'eau souterraine quaternaire non confiné, qui est partiellement séparé de l'aquifère de l'Ordovicien par la couche de tillite peu perméable. La couche de schiste bitumineux dans les sédiments de l'Ordovicien est la principale source d'énergie en Estonie, puisque plus de 80 % de l'électricité est produite à partir de schiste bitumineux.

En plus d'être la région lacustre la plus riche d'Estonie, le caractère unique de cette région lacustre spécifique réside dans les types limnologiques de lacs qu'elle contient ou a contenus. Dans les années 1960, on considérait que cinq des neuf lacs oligotrophes d'Estonie se trouvaient à Kurtna (Mäemets, 1966). Les lacs oligotrophes contiennent très peu d'éléments nutritifs, minéraux et humiques. Cela les rend très rares et également vulnérables aux facteurs de stress naturels et, surtout, anthropiques. À l'heure actuelle, 18 des quelques 40 lacs de la région sont considérés comme particulièrement précieux, et ont été classés comme habitats importants selon

la région des lacs de Kurtna :
un joyau naturel sujet aux
pressions anthropiques

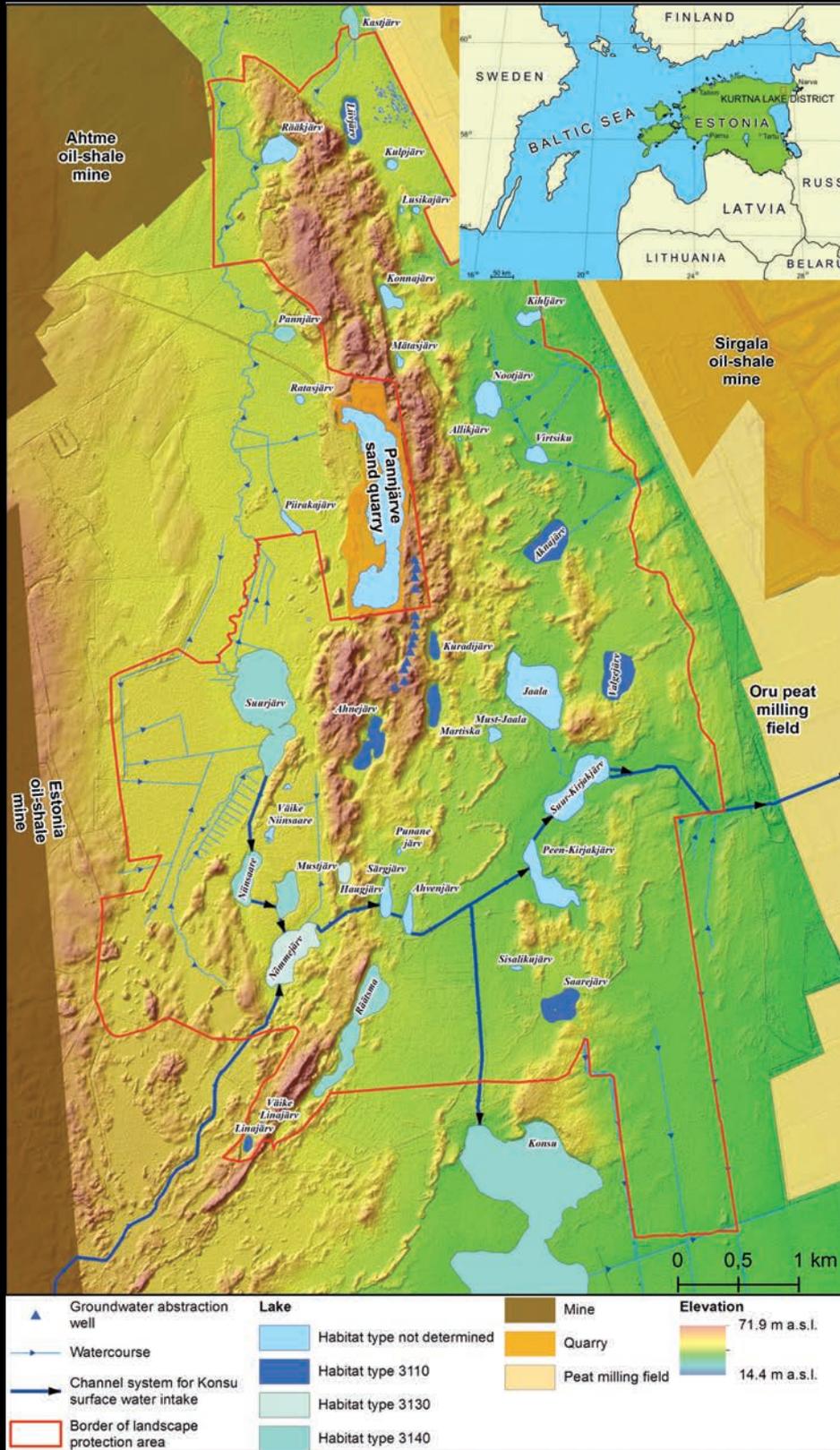


Figure 1 : Morphologie de la région des lacs de Kurtna, ses influences anthropiques et les types d'habitat lacustres selon la Directive Habitat 92/43/CEE.



la Directive Habitats de l'UE (figure 1). Neuf appartiennent au type d'habitat 3110 - eaux oligotrophes très peu minéralisées des plaines sablonneuses ; deux appartiennent au type 3130 - eaux stagnantes, oligotrophes à mésotrophes avec végétation de *Littorelletea uniflorae* et/ou d'*Isoëto-Nanojuncetea* ; et sept appartiennent au type 3140 - eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à *Chara* spp. Certains lacs de type 3110 abritent des espèces végétales rares et protégées en Estonie – la *Lobelia dortmanna*, le *Sparganium angustifolium* et l'*Isoetes lacustris*.

La plupart des lacs de la région sont des lacs à bassin fermé, dépourvus de tout tributaire et de tout émissaire. Les lacs pourvus d'un tributaire ou d'un flux traversant ont été modifiés essentiellement par les êtres humains, et étaient également des lacs à bassin fermé dans leur état naturel.

Chronologie de l'influence humaine

L'influence humaine dans la région des lacs remonte au milieu du XIX^e siècle, lorsque certains lacs étaient reliés à des canaux (Punning *et al.*, 1997 ; Kivioja, 2017). Dans les années 1920 et 1930, un camp de l'armée opérait près du lac Nõmmejärv, et pendant la Seconde Guerre mondiale, les forêts de pins dans la partie centrale du champ de kames ont été brûlées. En dépit de cela, les lacs sont demeurés plus ou moins dans leur état naturel jusque dans les années 1940.

En 1946, la première mine souterraine de schiste bitumineux, « Ahtme », a été établie au nord-ouest de la région des lacs (figure 1). Comme la couche de schiste bitumineux se trouve sous la nappe phréatique, l'excès d'eau doit être pompé pour l'excaver. Par conséquent, l'établissement de la mine d'Ahtme fut

la première action à affecter les niveaux naturels des eaux souterraines et la direction de l'écoulement dans les environs de la région des lacs de Kurtna. La limite la plus proche de la mine était située à 400 m. En 2002, la mine a été fermée et remplie d'eau souterraine.

En 1962, une mine de schiste bitumineux à ciel ouvert, « Sirgala », a été établie à l'est de la région des lacs (figure 1). Elle est toujours en fonctionnement et se situe aujourd'hui à 500 m du lac le plus proche. Dans cette mine, le niveau d'eau a été abaissé de plus de 20 m (figure 2). Depuis les années 1990, la société minière a été tenue de prévenir la région des lacs contre toute infiltration dans la mine, en maintenant des canaux de filtration à la limite ouest de la mine et en protégeant le versant ouest de la mine par une barrière d'infiltration. La compagnie minière a éprouvé des difficultés à fournir de l'eau pour les canaux de filtration pendant les périodes les plus sèches et, par conséquent, pendant les périodes les plus déterminantes. Par exemple, à l'automne 2015 et au printemps 2018, le canal de filtration était complètement sec (figure 3).

En 1973, une autre mine souterraine de schiste bitumineux, appelée « Estonia », a été ouverte au sud-ouest de la région. Cette mine est également exploitée de nos jours, mais actuellement, l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, causé par cette mine, n'atteint pas les lacs de Kurtna.

En 1948, une prise industrielle d'eau de surface a été établie dans le lac Konsu pour alimenter en eau technologique une usine chimique de schiste bitumineux située à proximité. Pour maintenir la quantité d'eau requise dans le lac Konsu, un système de canaux reliant 11 lacs a été construit, de 1953 à 1963. Depuis 1970, l'eau minière provenant de la mine de schiste bitumineux « Viru »,

La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques



Figure 2 : Les eaux souterraines qui s'écoulent dans la mine Sirgala (photo de Marko Vainu).



Figure 3 : Canal de filtration asséché à la limite ouest de la mine Sirgala en mai 2018 (photo de Marko Vainu).

plus à l'ouest, est détournée vers le canal principal du système, le canal de Raudi (figure 4). Plus tard, l'eau minière de schiste bitumineux « Estonia » a également été ajoutée. À l'heure actuelle, neuf lacs sont reliés au système de canaux (figure 1) et seule l'eau de la mine « Estonia » est pompée dans le canal de Raudi. Le débit de pompage moyen en 2016 et 2017 était de 550 l/s. Une partie de l'eau s'écoule vers le lac Konsu,

mais une autre partie passe par la région des lacs, sort par la frontière orientale et continue à travers les mines à ciel ouvert de l'est du pays. La création du réseau de canaux a entraîné une baisse du niveau d'eau de tous les lacs reliés entre eux et a considérablement modifié la chimie de leur eau. Le lac Nõmmejärv a été le plus affecté, car il a été le premier à recevoir l'eau minière. Avant la construction de bassins de sédimenta-



Figure 4 : Eau minière se déversant dans le canal de Raudi (photo de Marko Vainu).



Figure 5 : Section abandonnée de la carrière d'extraction de tourbe de la partie nord de la région (photo de Marko Vainu).



tion dans les années 1990 près des sorties des mines de Viru et d'Estonia, le lac Nõmmejärv servait essentiellement de bassin de sédimentation naturel. En plus des matières en suspension, l'eau minière est également riche en sulfates. Ceux-ci pourraient être réduits en sulfures dans l'eau interstitielle des sédiments et former du sulfure d'hydrogène toxique ou libérer du phosphore lié aux sédiments. L'afflux d'eau minière a déjà

affecté le fonctionnement du lac Nõmmejärv, mais pourrait potentiellement l'affecter plus significativement si les conditions venaient à changer (lire plus loin la description du lac Nõmmejärv).

En 1964, la carrière d'extraction de tourbe « Oru » a été créée à l'est de la région des lacs (figures 1 et 5). L'objectif principal était d'utiliser efficacement la ressource avant qu'elle ne soit per-

La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques



Figure 6 : CLac artificiel de la carrière de sable de Pannjärve (photo de Marko Vainu).

due dans la mine de schiste bitumineux. Le système de drainage de la carrière d'extraction a également abaissé le niveau des lacs avoisinants. Par exemple, le niveau du lac Liivjärv a baissé de 2 m entre 1960 et 1975. Le broyage de la tourbe s'est poursuivi et il est prévu de l'accélérer. De cette façon, il serait également possible d'extraire plus rapidement la couche de schiste bitumineux sous-jacente, de laisser la nappe phréatique revenir à son niveau naturel et de finalement mettre un terme à la pression constante exercée depuis une décennie par la baisse de la nappe phréatique sur les lacs de la partie orientale de la région.

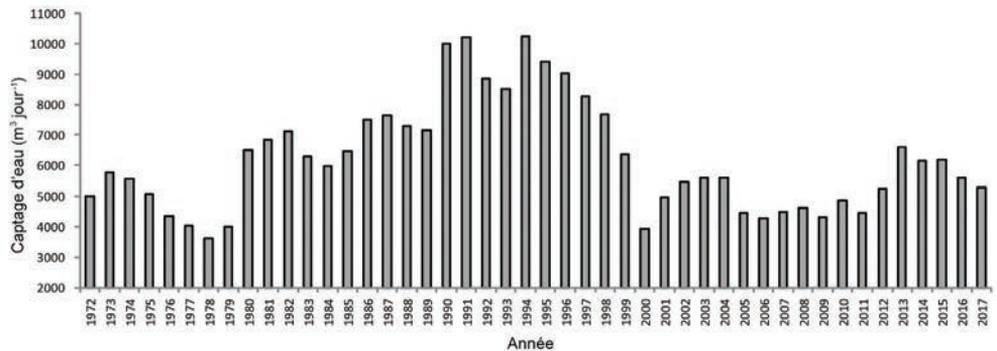
Toujours en 1964, une carrière de sable (Pannjärve) a commencé à être exploitée au centre du champ de kames. Elle a été établie dans la partie du champ de kames la plus diversifiée topographiquement. Dans un premier temps, l'excavation a eu lieu au-dessus de la nappe phréatique. Cela n'a donc pas eu d'effet sur les lacs, mais depuis 1979, le sable a été excavé sous la nappe phréatique, avec l'utilisation du pompage-turbinage. L'exploitation minière s'est poursuivie et un lac artificiel d'une superficie de 45 ha s'est formé dans la carrière (figure 6).

La carrière a eu un certain effet sur le niveau des eaux souterraines, et donc, sur le niveau du lac dans la partie centrale de la région des lacs. Pendant les années d'exploitation minière les plus actives, des quantités considérables d'eaux souterraine se sont infiltrées dans la carrière et, plus important encore, la grande étendue d'eau libre du lac artificiel a induit une plus grande évaporation. En moyenne, 800 m³/jour d'eau s'évaporent de la surface du lac artificiel, eau qui resterait autrement sous forme d'eau souterraine.

L'installation la plus récente, et sans doute la plus problématique sur le plan de l'utilisation des ressources naturelles, a été construite au centre de la région des lacs en 1972. Il s'agit de la prise d'eau souterraine de Vasavere. La prise d'eau se compose de 14 puits, d'où l'eau potable de la ville voisine de Jõhvi et de certains quartiers de Kohtla-Järve est pompée. Actuellement, le débit maximum autorisé est de 8000 m³/jour. Le débit de pompage réel a varié de 4000 m³/jour à la fin des années 1970 et au début des années 2000 à 10 000 m³/jour au début des années 1990 (figure 7). Vainu (2018) a montré que le pompage avait considérable-



Figure 7 : Taux de pompage annuels moyens de la prise d'eau souterraine de Vasaverve.



ment affecté la balance hydrique et les niveaux d'eau des lacs voisins, en particulier les lacs Martiska, Kuradijärv et Ahnejärv (à lire dans la description des lacs spécifiques).

Le conflit croissant entre la préservation du paysage naturel et l'exploitation croissante des ressources naturelles a été abordé pour la première fois dans les années 1970, lorsque les limnologues ont commencé à exiger que la région du lac soit placée sous une protection stricte et que toute activité d'excavation et de captage d'eau soit interdite à proximité de la région (Mäemets, 1977). En 1977, un projet de construction de système de bassins d'infiltration a été élaboré afin de fournir de l'eau supplémentaire à l'usine de captage d'eau souterraine (Metslang et Metslang, 1977). Il était prévu de pomper l'eau du lac Suurjärv dans ces bassins d'infiltration. Le projet n'a cependant pas été mené à bien.

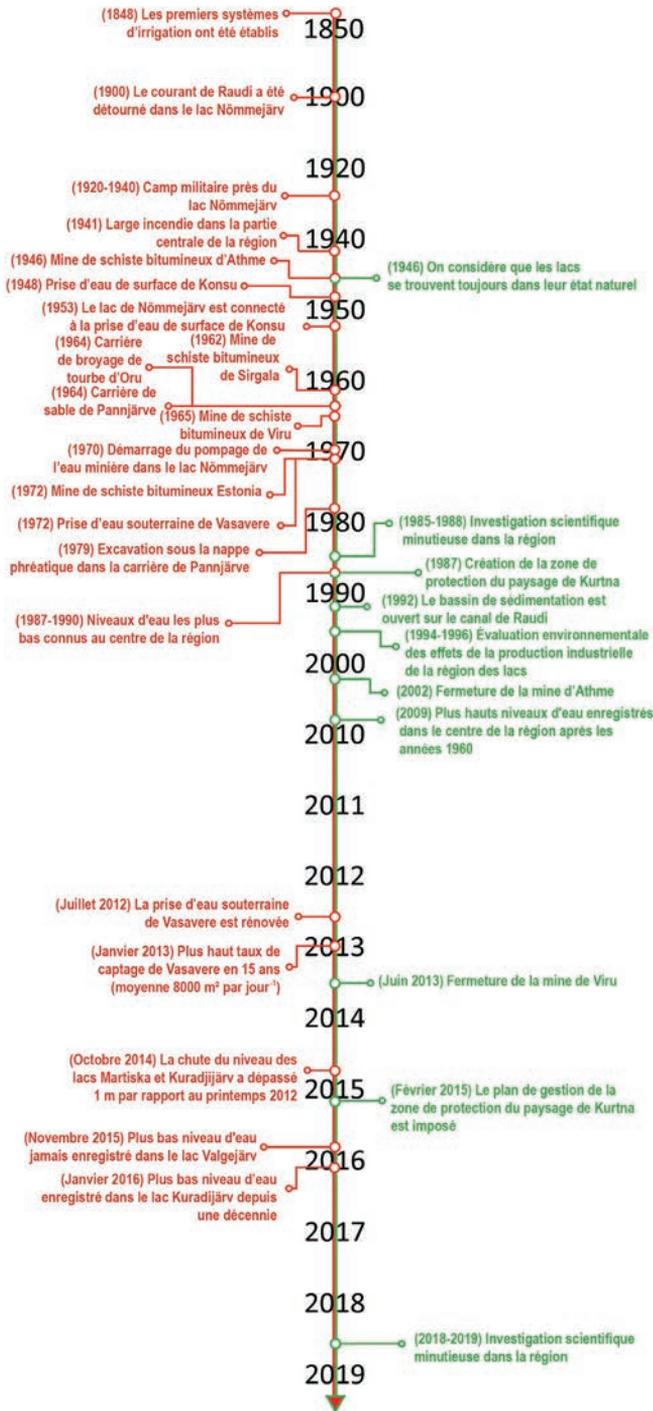
Au milieu des années 1980, une étude scientifique approfondie des divers éléments du paysage de la région des lacs a été réalisée et, à partir de ses résultats, la zone de protection du paysage a été établie en 1987 (Ilomets, 1987, 1989). Néanmoins, cela n'a pas empêché les activités décrites précédemment d'affecter la région lacustre. Son effet le plus significatif a été que les plans d'excavation de schistes bitumineux encore plus près de la région ont été mis

en attente, au même titre que le pompage de plus grandes quantités d'eaux souterraines provenant de formations aquifères.

Dans la première moitié des années 1990, une nouvelle évaluation environnementale des effets de la production industrielle de la région des lacs a été réalisée (Pöder *et al.*, 1996). Cette évaluation a été co-financée par la United States Environmental Protection Agency. Cette dernière a fait des suggestions pour la mise en place de réseaux de surveillance et a proposé des mesures pour réduire les pressions anthropiques sur la région des lacs. Là encore, la plupart des mesures proposées sont restées lettre morte, en grande partie à cause de la crise économique qui a frappé l'Estonie à la fin des années 1990.

En 2018, un autre projet de recherche a été lancé. Ce dernier devait donner le taux écologiquement acceptable de fluctuations du niveau d'eau induites par l'homme dans les lacs les plus précieux de la région, et les conditions hydrogéologiques (niveau des eaux souterraines et taux de pompage) qui devaient être respectées pour maintenir ces niveaux. Reste à voir si les résultats de cette étude seront finalement mis en œuvre et si la dégradation de la perle rare naturelle sera finalement stoppée (figure 8).

La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques



Cette sélection est fondée sur la valeur écologique et/ou scientifique des lacs et sur l'ampleur de l'influence anthropique. Dans un premier temps, cinq des lacs autrefois oligotrophes (Valgejärv, Liivjärv, Martiska, Kuradjjärve et Ahnejärv) sont présentés, puis le lac Nõmmejärv, qui est le plus lourdement affecté par les eaux minières, le lac Konsu, qui a été transformé en réservoir, le lac Räätsma, qui est un lac rare du point de vue limnologique étant le seul lac sidérotrophe en Estonie, le lac Saarejärv, qui est le mieux conservé à Kurtna, et enfin le lac Kihljärve, qui a en réalité complètement disparu.

Lac Valgejärv

Le lac Valgejärv (Lac blanc) est à ce jour le lac le plus précieux de la région du point de vue écologique (figure 9). Sa superficie est de 8,5 ha et sa profondeur maximale au printemps 2014 était de 10,5 m, ce qui en fait le lac le plus profond de la région. Il s'agit d'un lac semi-dystrophe¹ à bassin fermé ou, d'après certaines enquêtes pré-existantes, d'un lac oligotrophe², dépourvu de tout tributaire et de tout émissaire. Son eau provient des précipitations, de tourbières

Les dix lacs les plus significatifs de la région

Dans la section suivante, dix lacs sélectionnés dans la région sont présentés.

vient des précipitations, de tourbières

1. Semi-dystrophe : avec une faible teneur en substances minérales et une teneur moyenne en substances humiques et en nutriments.
2. Oligotrophe : avec une faible teneur en nutriments et en substances minérales et humiques.



Figure 9 : Vue du lac
Valgejärv (photo de
Marko Vainu).



Figure 5 : Plantes
exposées de *Lobelia
dortmanna* sur la rive
du lac Valgejärv (photo
de Marko Vainu).



adjacentes et des eaux souterraines. D'après la Directive européenne « Habitats, Faune, Flore », il a été classé comme habitat de type 3110. Il s'agit du seul lac de la région dans lequel poussent encore les trois plantes rares et protégées caractéristiques que sont la *Lobelia dortmanna*, l'*Isoetes lacustris* et le *Sparganium angustifolium*, et dont le fond est recouvert de mousses jusqu'à 4,5 m de profondeur.

La pression anthropique la plus importante ayant affecté le lac est l'abaissement du niveau d'eau souterraine, causé par la mine de schiste bitumineux à ciel ouvert située à proximité. L'influence directe de la mine sur le niveau d'eau du lac n'a pas encore été démontrée, bien que ce dernier ait depuis toujours fluctué sur une amplitude d'un mètre. Plus récemment, le niveau d'eau du lac a chuté de 80 cm entre mai 2012

et novembre 2015, puis a repris 70 cm en mai 2018. À l'automne 2015, des niveaux d'eau inférieurs à la moyenne ont été enregistrés dans de nombreux lacs de la région. Cela est dû en partie au temps relativement sec de l'année 2014, mais surtout à celui de l'été et de l'automne de l'année 2015, qui fut encore plus sec. En 2014, la somme des précipitations dans la région de Kurtna était de 591 mm et de seulement 471 mm en 2015, alors que la moyenne à long terme est de 736 mm. Outre l'abaissement naturel du niveau d'eau souterraine dû à la baisse des précipitations, l'effet de la sécheresse a probablement été amplifié dans le cas du lac Valgejärv. Cette sécheresse a empêché la compagnie minière de pomper suffisamment d'eau dans le canal de filtration entre le lac et la mine de Sirgala. Comme le lac est relativement proche de la mine, cela aurait pu entraîner une baisse du niveau d'eau souterraine plus prononcée qu'elle ne l'aurait été dans des conditions naturelles. Avant, on prélevait de l'eau dans le lac pour éteindre les feux de forêt, ce qui entraînait également des changements brusques du niveau de l'eau.

Toutes ces grandes fluctuations du niveau du lac menacent les précieuses communautés végétales, surtout la *Lobelia dortmanna*, car elle ne pousse que dans les eaux littorales peu profondes, et que les plantes sont laissées à sec et meurent par la suite, pendant les périodes durant lesquelles les eaux sont basses (figure 10). La population de *Lobelia* est également affectée par les baigneurs : le lac les attire car il est facile d'accès et sa rive est partiellement sableuse, bien qu'officiellement, il n'y ait ni camping ni plages.

En ce qui concerne les nutriments, la quantité d'azote total dans la couche superficielle est restée faible, elle était de 0,4 mg/l en 1987 (Mäemets *et al.*, 1989) et de 0,35 mg/L en mai 2018. La

teneur en phosphore total a toutefois augmenté : alors qu'en 1987 elle était inférieure à la limite de détection (Mäemets *et al.*, 1989), elle était de 0,02 mg/l en mai 2018. La transparence de l'eau s'est également détériorée au fil du temps. En 1954, elle atteignait 4,4 m (Ott, 2001), et seulement 1,5 m en mai 2018. La transparence de l'eau est faible en raison de la teneur élevée en substances humiques dans l'eau. La diminution de la transparence de l'eau pourrait indiquer que le rôle de la tourbière adjacente dans l'approvisionnement en eau du lac s'est intensifié avec le temps, alors que le niveau d'eau souterraine, ainsi que sa part dans le bilan, a chuté. Note positive, l'eau du lac a été oxygénée jusqu'au neuvième mètre en mai 2018. Par conséquent, même si ce lac n'est plus aussi pur qu'il y a des décennies, il reste néanmoins le joyau le plus étincelant des lacs de la région de Kurtna, et plus globalement le plus remarquable des lacs estoniens.

Lac Liivjärv

Le lac Liivjärv (Lac de sable) est l'un des lacs les plus au nord de la région. Sa superficie est de 4,5 ha et sa profondeur maximale au printemps 2014 était de 8 m. Il est considéré comme un lac oligotrophe. Le lac est dépourvu de tout tributaire et de tout émissaire. Son eau provient des précipitations et des eaux souterraines. D'après la Directive européenne « Habitats, Faune, Flore », il a été classé comme habitat de type 3110. Par le passé, le *Sparganium angustifolium* et l'*Isoetes lacustris* poussaient tous deux dans le lac. L'*Isoetes lacustris* a disparu du lac dès les années 1980 (Mäemets et Teder, 1987), mais quelques *Sparganium angustifolium* poussent encore dans sa partie nord (figure 11). Le lac a subi la plus grande baisse de niveau d'eau jamais connue dans l'ensemble de la région. En 1929, son niveau d'eau était de 46,4 m



Figure 11 : *Sparganium angustifolium* en fleurs dans le lac Liivjärv (photo de Marko Vainu).

Figure 12 : Niveaux d'eau enregistrés des cinq lacs autrefois oligotrophes dans la région des lacs de Kurtna.

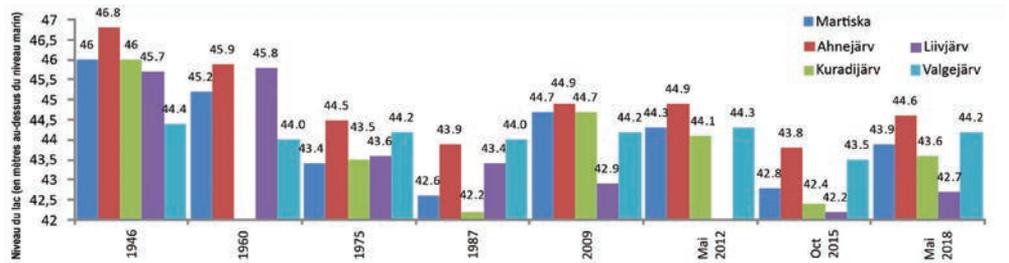


Figure 13 : Vue du lac Liivjärv depuis la rive est. Au premier plan, on aperçoit la tourbière drainée (photo de Marko Vainu).

au-dessus du niveau de la mer, mais lors de l'été 2006 et de l'automne 2015, celui-ci est redescendu à 42,2 m au-dessus du niveau marin (figure 12). Le lac a donc perdu plus de quatre mètres lors de cas extrêmes.

La principale pression anthropique ayant affecté le niveau d'eau du lac a été l'abaissement du niveau d'eau souterraine, causé par le drainage de la tourbière adjacente (figure 13) et de la mine de schiste bitumineux à ciel ouvert située à proximité. La baisse du niveau d'eau s'est principalement manifestée dans les années 1960 et 1970, après la mise en place du réseau de drainage de la carrière de broyage de tourbe. La baisse spectaculaire du niveau d'eau a eu d'importantes répercussions sur l'état du lac. Dans les années 1950, le lac présentait une très faible teneur en nutriments, et par la suite, une végétation très clairsemée et une faible biomasse planctonique. En outre, la transparence de l'eau était très importante – 6,6 m (la plus importante de Kurtna) (Mäemets, 1977). En 1987, la teneur en nutriments de la couche superficielle avait augmenté (azote total : 0,7 mg/l, phosphore total : 0,003 mg/l) et, bien que la biomasse planctonique fût encore faible, de la végétation avait commencé à prospérer dans le lac (Mäemets *et al.*, 1989). L'eau n'était alors transparente que jusqu'à 4 m. En mai 2018, le niveau de transparence de l'eau n'était plus que de 1,6 m, le lac devenant anoxique à partir de 3 m de profondeur. La teneur en azote total dans la couche superficielle était de 0,52 mg/l et de 0,023 mg/l en phosphore total. Par conséquent, le lac n'a cessé de se détériorer, et subit aujourd'hui un processus d'eutrophisation dû à un volume d'eau trop faible.

En plus de l'augmentation du niveau trophique et de la prolifération de biomasse qui en résulte, la transparence de l'eau du lac s'est aussi probablement

dégradée en raison des changements dans son bilan hydrique. La forte teneur en matière jaune dans l'eau (16,3 mg/l) en mai 2018 suggère qu'un processus similaire à celui décrit dans le cas du lac Valgejärv se produit également au lac Liivjärv. En raison de l'abaissement du niveau sous-jacent d'eau souterraine, le lac a commencé à recevoir de la tourbière de l'eau bien moins limpide que celle provenant des couches de sable. Par conséquent, l'eau du lac est devenue plus foncée. Les mesures d'infiltration des eaux souterraines mises en place au lac Liivjärv à partir de mai 2018 confirment également cette hypothèse. Ainsi, le lac est passé d'oligotrophe à semi-dystrophe en raison de l'influence humaine.

Cependant, ce lac reste très populaire auprès de la population locale avec sa plage de sable officielle sur la rive sud du lac.

Lac Martiska

Dans la région des lacs, le lac Martiska fait l'objet de la majorité des recherches. C'est l'un des lacs oligotrophes d'eau douce et claire les plus précieux de Kurtna sur le plan écologique. Il a cependant souffert d'énormes fluctuations de niveau d'eau qui ont considérablement réduit sa valeur (figure 14). Il s'agit d'un lac à bassin fermé, dépendant des eaux souterraines. La différence de niveau d'eau du lac entre 1946 (avant les perturbations anthropiques) et 1987 (lors des plus fortes perturbations anthropiques), était de 3,4 m (figure 12). Au début du XXI^e siècle, le niveau d'eau du lac s'est rétabli dans une certaine mesure, mais, à son niveau maximal, il lui manquait encore 1,3 m pour atteindre le niveau de 1946. Depuis l'été 2012 jusqu'à la fin de l'année 2015, le niveau d'eau a de nouveau baissé et a presque atteint le minimum historique, mais a ensuite commencé à remonter.



Figure 14 : Vue du lac Martiska depuis le nord (photo de Marko Vainu).



Figure 15 : Les Nymphéas dans le lac Martiska.



De ce fait, la superficie et la profondeur maximale du lac ont elles aussi changé. Par exemple, en mai 2012, la superficie du lac était de 2,7 ha et sa profondeur maximale de 8 m. En 1946, sa superficie avait atteint 4,4 ha (maximum connu) et 1,3 ha (minimum connu) en 1987.

Des études ont montré que le principal facteur à l'origine de ces fluctuations est le captage des eaux souterraines de Vasavere depuis 1972 (Vainu, 2018), le puits le plus proche de la prise d'eau n'étant situé qu'à 200 m du lac. Avant

1972, le niveau d'eau pouvait aussi avoir été affecté par le changement d'évapotranspiration causé par le reboisement du bassin versant du lac, la forêt ayant disparu lors d'un énorme incendie pendant la Seconde Guerre mondiale. En outre, l'extraction de sable sous la nappe phréatique dans la carrière de Pannjärve a affecté le niveau des eaux souterraines locales.

Avant qu'on ne commence à utiliser les ressources naturelles au centre de la région des lacs, l'écoulement naturel

des eaux souterraines se faisait d'ouest en est. Les captages d'eau souterraine dans la prise d'eau ont abaissé le niveau de l'eau souterraine autour de cette dernière et formé un cône d'appel, ce qui a détourné l'écoulement naturel de ces eaux. L'eau du lac a commencé à s'infiltrer vers la prise d'eau et a fait baisser le niveau du lac. Globalement, le niveau du lac a été plus bas pendant les périodes de fort captage d'eaux souterraines et inversement. Les niveaux d'eau mesurés étaient au plus bas à la fin des années 1980, lorsque les captages étaient élevés. Les captages étaient au plus haut dans les années 1990. Malheureusement, il n'existe aucune mesure du niveau du lac pour cette période. Le captage a considérablement diminué à la fin des années 1990 et est resté faible au début du 21^e siècle, ce qui a permis au niveau du lac de se rétablir. Lors de la première moitié de l'année 2012, les puits et autres ouvrages de prises d'eau ont été rénovés, et depuis le mois d'août de la même année, le captage a été augmenté au-delà du taux autorisé (8000 m³/j). Le niveau du lac Martiska a immédiatement commencé à baisser, et ce, jusqu'à la fin de l'année 2015. La baisse continue du niveau du lac a été favorisée par deux années consécutives de forte sécheresse. En 2014 et 2015, la somme des évapotranspirations potentielles a dépassé celle des précipitations. Le taux de réalimentation des eaux souterraines était ainsi faible ou inexistant. Les années 2016 et 2017 ont été plus humides et le taux de captage des eaux souterraines a lui aussi diminué. Cela a permis au niveau du lac de se rétablir dans une certaine mesure.

Avant les années 1970, le lac et ses rives étaient en grande partie dépourvus de végétation. Seules de vastes zones littorales étaient peuplées par les espèces caractéristiques des lacs oligotrophes : la *Lobelia dortmanna*, l'*Isoetes lacustris* et le *Sparganium an-*

gustifolium. Mais c'est en 1981 que les deux premières espèces ont été aperçues pour la dernière fois (Mäemets et Teder, 1987). Les rubaniers (*Sparganium*) sont réapparus plus tard, mais seulement sous forme de spécimens hybrides (Ott *et al.*, 1995). Lorsque le niveau d'eau a baissé, les habitats de *Lobelia dortmanna* et d'*Isoetes lacustris* se sont asséchés et ont été occupés par des roseaux, des herbes et même des jeunes plants d'arbres. Une fois le niveau d'eau rétabli, ces zones ont été inondées, la nouvelle végétation s'est éteinte et a commencé à se décomposer. Les espèces végétales mentionnées ci-dessus ayant besoin de fonds clairs et sableux pour leur croissance, les zones riveraines nouvellement submergées n'étaient donc pas adaptées à la recolonisation. Bien que les espèces caractéristiques aient disparu, d'autres espèces végétales, révélatrices d'une eutrophisation, ont proliféré. Les lits de roseaux ont presque complètement encerclé le lac, et dans l'eau, les espèces de potamots, nymphéas et nénuphars prospèrent. En 1957, la transparence de l'eau atteignait 5,4 m, contre 3 m en 2001 (Ott, 2001), avant une légère remontée en mai 2018 : 3,2 m. Ce niveau de transparence est toujours considéré comme satisfaisant, mais compte tenu de sa diminution, la situation s'est clairement aggravée. Durant l'été 1957, l'enrichissement en oxygène était élevé, tant à la surface qu'au fond (Mäemets, 1968), mais lors de l'été 2001, le fond était anoxique (Ott, 2001). En mai 2018, il n'y avait plus d'oxygène à partir du quatrième mètre. Dans le même temps, la teneur moyenne en azote total était de 0,78 mg/l (0,60 mg/l en 2006) et de 0,026 mg/l (0,018 mg/l en 2006) en phosphore total (données de Ott, 2006). Le seuil national pour un bon état écologique en ce qui concerne la teneur en azote total et en phosphore total dans les lacs d'eau claire et d'eau douce est respectivement de < 0,50 mg/l et



< 0,02 mg/l. Par conséquent, le lac a largement perdu de son unicité limnologique, mais il est toujours répertorié comme habitat de type 3110 d'après la Directive Habitats. Le lac est populaire parmi les vacanciers car il y a des parties sableuses le long de son rivage.

La lourde charge récréative exerce un stress encore plus marqué sur le lac, en raison de la présence de déchets et de substances non naturelles dans l'eau.

Figure 16 : Vue du lac Kuradijärv et des arbres morts sur ses rives (photo de Marko Vainu).



Figure 17 : Vue du lac Ahnejärv depuis le nord (photo de Marko Vainu).



Lac Kuradijärv

Le lac Kuradijärv (Lac du diable) est un petit lac mystérieux situé au centre de la région de Kurtna. Il s'agit là encore d'un lac à bassin fermé, dépendant des eaux souterraines, situé à proximité de la prise d'eau souterraine de Vasavere et qui, par conséquent, a connu les mêmes difficultés que le lac Martiska. Comme il est encore plus près de la prise d'eau, les fluctuations de son niveau d'eau ont donc été plus importantes. Son niveau d'eau a chuté de 3,8 m entre 1946 et 1987 (figure 12). La hausse du niveau d'eau au début du XXI^e siècle, la baisse de 2012 à 2015, puis la remontée qui a suivi, sont similaires à celle du lac Martiska. En mai 2012, la superficie du lac était de 1,5 ha et sa profondeur maximale de 8 m. En 1946, sa superficie avait atteint 2 ha (maximum connu) et 0,9 ha (minimum connu) en 1987. Selon des données historiques, le lac Kuradijärv était le lac le plus profond de la région (11,5 m) avant la forte baisse du niveau d'eau, ainsi que l'eutrophisation et l'accumulation de sédiments qui ont suivi. Le lac Kuradijärv a également été l'un des lacs oligotrophes caractéristiques de Kurtna et est toujours répertorié comme habitat de type 3110 d'après la Directive Habitats. En plus d'être le lac le plus profond, il se distinguait des autres lacs par son manque presque total de végétation. Seules les sphaignes (*Sphagnum*) se sont développées au fond du lac jusque dans les années 1950 (Mäemets, 1977). C'est probablement à cause de la masse d'eau sombre et exempte de plantes dans la forêt que l'on a donné au lac un nom aussi funeste à l'époque. Après la baisse du niveau d'eau, la végétation submergée a peuplé le lac, mais aujourd'hui encore, sa quantité est limitée. De plus, contrairement au lac Martiska, très peu de roseaux poussent dans la zone littorale du lac. Une autre caractéristique visuelle du lac est la présence d'arbres morts dans

ses eaux littorales. Il s'agit des vestiges des niveaux d'eau les plus bas des années 1970 à 1990, lorsque la zone côtière était habitée par une végétation terrestre. Après la montée du niveau d'eau, les arbres sont morts, mais sont restés en place, accentuant alors le caractère démoniaque du lac (figure 16).

En mai 2018, la transparence de l'eau du lac Kuradijärv atteignait 1,4 m. Elle était de 2,6 m en 2006 (Ott, 2006), mais de 1,4 m en 1987 (Mäemets et al., 1989). Bien que le niveau des nutriments ait augmenté dans ce lac par rapport à l'année 1987, par exemple, la situation semble s'être améliorée au cours de ces dix dernières années. En mai 2018, la teneur en azote total était de 0,89 mg/l, contre 1,82 mg/l en 2006 (Ott, 2006). La teneur en phosphore total était elle de 0,027 mg/l en mai 2018, mais de 0,031 mg/l en 2006 (Ott, 2006). Les raisons pour lesquelles le niveau trophique relativement élevé n'a pas entraîné d'expansion de la végétation similaire à celle du lac Martiska demeurent incertaines.

Lac Ahnejärv

Le lac Ahnejärv (Lac Ahne) est le troisième lac à bassin fermé du centre de la région de Kurtna (figure 17) à avoir été affecté par la prise d'eau souterraine de Vasavere. Le lac Ahnejärv est le plus éloigné de la prise d'eau. Son niveau d'eau a donc connu des fluctuations plus légères, de maximum 2,9 m (figure 12). C'est aussi le plus grand et le plus profond des trois lacs. En mai 2012, sa superficie était de 5,7 ha et sa profondeur maximale de 9 m. En 1946, sa superficie était de 7,5 ha (maximum connu) et de 4,7 ha (minimum connu) à l'automne 2015. Il figurait parmi les cinq lacs oligotrophes uniques de Kurtna en 1966 (Mäemets, 1966). Comme les deux lacs précédents, il a également été répertorié comme habitat de type 3110



Figure 18 : Vue du lac Konsu depuis le nord (photo de Marko Vainu).



d'après la Directive Habitats. Le lac est doté d'une forme plus complexe que les deux autres lacs. Il existe une péninsule dans la partie sud-est du lac qui, avant la forte baisse du niveau d'eau dans les années 1970, était une île. Les trois plantes caractéristiques que sont la *Lobelia dortmanna*, l'*Isoetes lacustris* et le *Sparganium angustifolium* ont habité le lac. Elles y ont subsisté plus longtemps que dans le lac Martiska et on les trouvait également vers le milieu des années 1990. Mais en 2011, elles avaient toutes disparu. La cause (qui fait l'objet de controverses) pourrait être la hausse du niveau d'eau. En effet, les plantes qui s'étaient rapprochées du lac quand le niveau de l'eau était bas, se sont retrouvées en eau trop profonde et ne pouvaient y survivre après cette hausse. Avant la baisse du niveau d'eau, le lac Ahnejärv était l'un des lacs les plus transparents de Kurtna (à 6 m) (Mäemets, 1977). En 1987, la transparence n'atteignait plus que 4,8 m (Mäemets et al., 1989), mais quand bien même, il s'agissait de la plus forte transparence mesurée dans la région. Malheureusement, les mesures plus récentes de

transparence et du niveau trophique font défauts.

Lac Konsu

Le lac Konsu est de loin le plus grand lac de la région (figure 18). Sa superficie est de 140 ha et sa profondeur maximale est de 10 m. Il s'agit d'un lac dystrophique³ où l'eau de surface s'écoule. D'après la Directive Habitats, il a été classé comme habitat de type 3140. Le régime hydrologique naturel des eaux du lac a subi de profondes modifications, et fonctionne globalement comme un réservoir.

En 1948, un pipeline reliant le lac à la ville voisine de Kohtla-Järve a été installé pour fournir de l'eau technologique à une usine de traitement de schiste bitumineux. Comme indiqué précédemment, le lac à lui seul ne pouvait pas fournir la quantité d'eau voulue, c'est pourquoi dans les années 1950 et 1960, le canal de Raudi a été construit pour fournir de l'eau supplémentaire prove-

3. Dystrophique : à haute teneur en nutriments et en substances humiques et à faible teneur en substances minérales.



Figure 19 : Barrage sur la rive sud-est du lac Konsu, utilisé pour la régulation du niveau du lac (photo de Marko Vainu).

nant des lacs voisins et des mines souterraines de schiste bitumineux. Ainsi, le bassin versant du lac a été porté à 120 km². En 2017, 5 millions de mètres cubes d'eau ont été prélevés dans le lac. C'est 3,5 fois moins que la quantité d'eau de mine qui a été pompée dans le canal en 2016 et 2017. Le niveau du lac est régulé par un barrage sur son versant sud-est (figure 19). Ainsi, toute l'eau excédentaire qui n'est pas utilisée par la prise d'eau de surface s'écoule du lac vers l'est par le fossé de Konsu, via la zone de la mine de schiste bitumineux, ou n'atteint pas du tout le lac et passe par le canal de Raudi via les lacs Peen-Kirjakjärvi et Kirjakjärvi.

Sur la rive nord du lac se trouve le seul camping officiel de la région de Kurtna.

Le lac Nõmmejärv

Le lac Nõmmejärv (Lac des landes) est le premier lac sur le canal de Raudi qui reçoit des eaux de mine qui y sont pompées afin d'augmenter les ressources dans la prise d'eaux de surface

de Konsu. C'est un lac alcalin eutrophe⁴ (figure 20). Son aire est d'environ 11 ha et il a atteint une profondeur maximale de 5,8 m au cours de l'automne 2017. Récemment, son volume variait entre 226 000 et 290 000 m³, selon son niveau d'eau, qui à son tour dépend beaucoup de la quantité d'eaux de mine. La Directive Habitats de l'Union Européenne le catégorise comme un habitat de type 3140. Au début, c'était un lac à bassin fermé, mais, dès la fin du XIX^e siècle, un canal de rejet des eaux de mines vers le lac Särgjärvi a été construit. Au même moment, le courant Raudi, qui se dirigeait vers le lac Suurjärvi, a été dévié vers le lac Nõmmejärvi. Il a donc été transformé en lac de barrage. En 1953, ce canal a été connecté au lac Konsu, et en 1963, un canal additionnel d'afflux a été construit depuis le lac Suurjärvi, en passant par les lacs Niinsaare et Mustjärvi, et les canaux existants ont été approfondis. Par conséquent, le niveau de l'eau du lac Nõmmejärvi a baissé de 80 cm. En 1970, on a commencé à pomper des eaux de mine vers le ca-

4. Eutrophe : riche en nutriments et pauvre en substances humiques.



Figure 20 : Le lac
Nõmmejärv vu de l'est
(photographie : Marko
Vainu).



nal de Raudi. Au début, seule l'eau de la mine de Viru a été pompée jusqu'au lac. Plus tard, l'eau de la mine d'Estonia a été rajoutée et, depuis 2013, après la fermeture de la mine de Viru, seule l'eau de la mine d'Estonia s'écoule jusqu'au lac. En 2017, ce sont en tout 17 millions de m³ d'eaux de mine qui ont été pompés jusqu'au lac.

Les eaux provenant des mines de schiste bitumineux sont riches en minéraux (particulièrement en sulfates – SO₄²⁻, bicarbonates – HCO₃⁻ et calcium – Ca²⁺), en matières en suspension, et présentent une bien plus forte alcalinité que les eaux de surface à proximité dans la région. Pendant vingt ans, jusqu'au début des années 90, le lac fonctionnait comme un bassin de sédimentation pour les eaux de mine, et des bassins de sédimentation ont été construits pour l'écoulement des eaux de mine à cette époque seulement. Pendant ces années, la couche sédimentaire a augmenté de 25 cm (Kõiv et Ott, 2011). Alors que le problème des matières en suspension a été largement résolu, celui de la forte teneur en sulfates est toujours d'actualité. En 2017–2018, la teneur moyenne en sulfates des eaux d'afflux était de 265 mg/l. Le sulfate en lui-même ne

nuira pas à l'écosystème du lac, mais après avoir été diffusé dans les pores de la couche sédimentaire supérieure, il peut servir de source d'oxygène pour les bactéries et être réduit en sulfure (S⁻). Les conditions préalables à cette réduction sont une quantité suffisante de matières organiques et l'anoxie, qui est toujours présente dans les sédiments, mais pas sur la couche sédimentaire dans les lacs riches en oxygène. Le sulfure peut former soit de l'hydrogène sulfuré (H₂S) qui empoisonne la faune et la flore, soit du sulfure de fer (FeS) suite à une réaction avec du fer. Comme le sulfure de fer (FeS), les sulfures sont piégés dans les sédiments et ne peuvent pas dégrader l'écosystème. Mais si les sulfures prennent du fer des phosphates de fer, alors du phosphate est libéré des sédiments et provoque l'eutrophisation du lac. En ce moment, quelques réductions de sulfate se produisent dans les sédiments du lac Nõmmejärv, mais elles n'ont pas eu d'impact néfaste mesurable sur l'écosystème. Le taux de remplacement de l'eau est suffisamment élevé pour garantir une teneur correcte en oxygène au fond du lac, et par conséquent, le taux de réduction du sulfate reste sous contrôle. Il y a eu une teneur suffisante en fer pour lier les phosphates



Figure 21 : Une fine couche de calcite recouvrant une couche de sédiments, enrichie avec du sulfure de fer (FeS), dans la zone proche du lac. Photographie prise quand le niveau de l'eau était bas, quand cette zone était exposée (photographie : Marko Vainu).

et les sulfures qui se sont formés. De plus, le pH du lac est élevé (environ 8) et maintient environ 90 % du sulfure d'hydrogène non lié dans sa forme dissociée non toxique (HS^-).

Le lac Nõmmejärv avait déjà, parmi les lacs de la région de Kurtna, la plus forte teneur en matières minérales, y compris le calcium et les bicarbonates (210 mg/l), bien avant qu'il n'y ait l'afflux d'eaux de mine en 1937 (Riikoja, 1940). Même si les eaux de mine sont responsables d'une plus forte alcalinité du lac (la teneur moyenne en bicarbonates en 2017-2018 était de 290 mg/l), ses communautés sont largement restées intactes, puisqu'elles s'étaient adaptées à de l'eau alcaline auparavant. Par exemple, les espèces *Chara* étaient dominantes parmi la végétation des lacs avant l'afflux des eaux de mine, et elles le sont encore aujourd'hui. L'évaluation la plus récente du statut du lac en 2006 avait conclu au bon état du lac. Par conséquent, nous pouvons conclure que malgré les énormes changements du budget hydrologique du lac, son écosystème n'en a pas encore souffert. Actuel-

lement, les impacts les plus visibles des décennies d'afflux d'eaux de mine sont les quelques endroits sans végétation dans les zones proches des bords du lac. Dans ces zones, sous la couche grisâtre de calcite fixée, on trouve une couche très molle et amorphe de sédiments, enrichie de sulfure de fer. Ce substrat est majoritairement inhabitable pour les plantes aquatiques, et par conséquent, elles forment des zones mortes au fond du lac (figure 21).

Quitte à provoquer une controverse, mettre fin maintenant à l'afflux d'eaux de mine pourrait déclencher une série d'évènements qui nuiraient à l'écosystème du lac. Si le taux de remplacement du lac venait à devenir trop bas, des conditions anoxiques pourraient se développer au fond du lac, la réduction du sulfure restant dans l'eau et particulièrement dans l'eau poreuse sédimentaire pourrait s'intensifier et ses deux impacts négatifs (la toxicité et la libération de phosphore) pourraient être plus prononcés. Les mesures récentes ont démontré que la probabilité que ce scénario se réalise était heureusement relativement



*Figure 22 :. Rive nord
du lac Räätsma en
hiver (photographie :
Marko Vainu).*



*Figure 23 :Le lac
Saarejärv et son île
vus du sud (photogra-
phie : Marko Vainu).*



**La région des lacs de Kurtna :
un joyau naturel sujet aux
pressions anthropiques**



Figure 24 : Le lac Kihljärv au printemps 2013 (à gauche) et au printemps 2016 (à droite). (Orthophotographies : Estonian Land Board).



Figure 25 : Fond de l'ancien lac Kihljärv en mai 2018 (photographie : Marko Vainu).



faible, puisque le taux de remplacement du lac resterait suffisamment élevé (>20 fois par an), même si l'on mettait entièrement fin à l'afflux d'eaux de mine. Malgré tout, l'apport de fer dans le lac pourrait être nécessaire si l'afflux d'eaux de mine venait à s'arrêter, afin d'éviter entièrement tout impact négatif.

Par conséquent, le lac Nõmmejärv est un exemple d'écosystème devenu dépendant de l'influence anthropogénique et ne réussirait peut-être pas à s'auto-suffire si on l'abandonnait à son propre sort.

Le lac Räätsma

Le lac Räätsma est un lac étroit et élongé, situé dans la partie sud de la région des lacs. Son aire atteint les 15,5 ha, et, au cours du printemps 2014, il a partagé le titre de lac le plus profond (10,5 m) de la région de Kurtna avec le lac Valgejärv. C'est un lac à bassin fermé, sans afflux d'eaux de surface, ni rejet d'eaux. Il reçoit ses eaux des précipitations et des nappes phréatiques. La Directive Habitats le catégorise comme un habitat de type 3140. L'importance de ce lac tient au fait qu'il est considéré comme l'unique lac sidérotrophe d'Estonie. Les lacs sidérotrophes ont une forte concentration de fer dans les eaux de la couche inférieure. Au fond du lac Räätsma, on a mesuré une concentration de fer de 9 mg/l (Mäemets, 1987). On pense que le fer provient des eaux souterraines et afflue vers le lac à travers les sources. Le niveau de ce lac n'a pas changé récemment, puisqu'il ne se situe pas dans la zone directe d'influence des pressions anthropogéniques. Cependant, son niveau d'eau a diminué d'environ un mètre dans les années 60 pour des raisons inconnues. Le lac n'est pas très populaire auprès des vacanciers à cause de ses hautes rives qui rendent le lac difficile d'accès.

Le lac Saarejärv

Le lac Saarejärv (Le lac à l'île) est le lac le mieux préservé de la région des lacs, car son niveau d'eau est resté stable au cours des soixante-dix dernières années. C'est également le seul lac de la région avec une île (figure 23). Sa valeur écologique, cependant, n'est pas aussi élevée que certains autres lacs décrits précédemment, car il n'a jamais été l'hôte d'espèces végétales rares. Son aire atteint les 6,5 ha, et sa profondeur maximum était de 8,2 m au cours de l'automne 2014. C'est un bassin fermé de type semidystrophe, avec aucun afflux ni rejet d'eaux de surface. Ses eaux proviennent des précipitations, d'une tourbière adjacente et des eaux souterraines. D'après la Directive Habitats, il a été classé comme habitat de type 3110. Le lac n'est pas populaire auprès des vacanciers car il n'offre pas de plage ouverte. Cependant, comme ses rives n'ont pas été impactées par les fluctuations du niveau d'eau, il est entouré de forêts de conifères primaires et offre une île pittoresque, ce qui en fait un lac visuellement plaisant pour les touristes soucieux de l'environnement.

Le lac Kihljärv

Le lac Kihljärv est le lac au pire destin de la région des lacs, car il s'est entièrement asséché au cours des dernières années. En tout, c'est le deuxième lac qui disparaît à Kurtna, puisqu'un petit lac - Vasavere Mustjärv - s'est déjà asséché dans les années 80. Le lac Kihljärv n'a jamais eu une grande valeur écologique et très peu de scientifiques s'y sont intéressés. On sait qu'en 1987 la transparence de l'eau atteignait les 2 m, mais il y avait déjà à l'époque une quantité significative de végétation dans le lac. Alors qu'au printemps 2013, il y avait encore suffisamment d'eau dans le lac et que ce dernier couvrait une aire de 2 ha, il s'est entièrement asséché à



La région des lacs de Kurtna : un joyau naturel sujet aux pressions anthropiques

la fin du très sec automne 2015 (figure 24). Le lac était encore sec au printemps 2016. C'est le lac le plus proche de la mine à ciel ouvert de Sirgala : il n'y a que 500 m entre la mine et le lac, et la mine est plus profonde de plus de 20 m que le niveau de l'ancien lac. Puisqu'il n'y pas de preuves que le lac s'est déjà asséché par le passé, on peut suspecter que le canal de filtration et le barrage d'infiltration, qui devraient empêcher le niveau des eaux souterraines de trop diminuer, jusqu'à être inférieur à la surface adjacente à la mine, ne fonctionnent pas correctement. En mai 2018, le lac était toujours entièrement asséché, seul un fil d'eau de la forme d'un croissant de lune était visible dans la zone nord-est de l'ancien bassin (figure 25).

Conclusions

La région des lacs de Kurtna est une zone où les valeurs principalement abs-

traites de la nature rencontrent les valeurs plus matérielles des ressources naturelles. Jusqu'à présent, les décisions influencées par la valeur matérielle ont prévalu, mais la situation n'est pas désespérée. Il faut un effort collectif des représentants des deux camps pour parvenir à une situation où les lacs seront préservés pour les générations à venir, aux côtés d'activités économiques raisonnables. En ce moment, la région des lacs de Kurtna est une zone de grands contrastes, elle ressemble d'une part à la nature pure qu'elle était auparavant, et d'autre part à un monument désolé par la consommation avide des ressources naturelles.



Références

- Habitats Directive, 1992.** Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 On the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora. *Official Journal L*, 206, 7–50.
- Ilomets M. (ed), 1987.** *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng I [Natural Status and Development of Kurtna Lake District I]*. Tallinn, Valgus.
- Ilomets M. (ed), 1989.** *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng II [Natural Status and Development of Kurtna Lake District II]*. Tallinn, Valgus.
- Karukäpp R., 1987.** Mandrijää Kurtna ümbruse maastike kujundajana [Terrestrial glaciation as the designer of landscapes around Kurtna]. In *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng I [Natural Status and Development of Kurtna Lake District I]* (Ilomets, M., ed), pp.21–24. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Kivioja K., 2017.** *Kurtna järvestiku hüdroloogilise võrgustiku areng [The development of the hydrological network in Kurtna Lake District]*. BSc thesis, Tallinn University, Estonia. [In Estonian]
- Kõiv T., Ott I., 2011.** *Järvede tervendamine [Lake restoration]*. EMÜ, Tartu. [in Estonian]
- Metslang M., Metslang T., 1977.** *Kaalutlused põhjavee tehisvarude loomiseks Kurtna-Vasavere maetud ürgorus [Considerations for creating artificial groundwater resources in Kurtna-Vasavere buried valley]*. Tallinn. [in Estonian]
- Mäemets A., 1966.** Märkmeid Alutaguse järvedest [Notes on the lakes in Alutaguse]. *Eesti Loodus*, 2, 73–78. [in Estonian]
- Mäemets A., 1968.** *Eesti järved [Estonian lakes]*. Valgus, Tallinn. [in Estonian]
- Mäemets A., 1977.** *Eesti NSV järved ja nende kaitse [Lakes of the Estonian SSR and their protection]*. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Mäemets A., 1987.** Kurtna järve unikaalsusest, tüpoloogiast, muutumisest ja kaitsest [On the uniqueness, typology, changes and protection of the Kurtna lakes]. In *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng I [Natural Status and Development of Kurtna Lake District I]* (ed. Ilomets, M.), pp. 165–171. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Mäemets A., Teder A., 1987.** Kurtna vähetoieliste järvede suurtaimestiku (makrofloora) muutustest viimastel aastakümnetel ja selle nüüdisseisund [Changes of vegetation in the oligotrophic lakes of Kurtna during last decades and its current state]. In *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng I [Natural Status and Development of Kurtna Lake District I]* (ed. Ilomets, M.), pp.127–132. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Mäemets A., Mäemets A., Laugaste R., Lokk S., Timm M., Reisenbuk E., 1989.** Kurtna järvede hüdrobioloogilisest seisundist 1987. a. suviste uurimisandmete alusel [On the hydrobiological status of the Kurtna lakes according to data from the summer of 1987]. In *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng II [Natural Status and Development of Kurtna Lake District II]* (ed. Ilomets, M.), pp. 102–109. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Ott I., Laugaste R., Mäemets A., Mäemets A., Kaup E., Künnis K., Heinsalu A., Toom A., Lokk S., Pöder T., 1995.** *Kurtna järvestiku limnoloogiline ekspertiis [Limnological assesment of the Kurtna Lake District]*. Tartu. [in Estonian]
- Ott I., 2001.** *Eesti väikejärvede monitooring 2001 [Monitoring of small lakes in Estonia 2001]*. Tartu, EPMÜ. [in Estonian]
- Ott I., 2006.** *Eesti väikejärvede seire 2006 [Monitoring of small lakes in Estonia 2006]*. Tartu, EMÜ. [in Estonian]
- Punning J-M., Boyle J. F., Alliksaar T., Tann R., Varvas M., 1997.** Human impact on the history of Lake Nõmmejärv, NE Estonia a geochemical and palaeobotanical study. *Holocene*, 7, 91–99.
- Puura V., Tavast E., Vaher R., 1987.** Kurtna ümbruse aluspõhja struktuur ja reljeef [The structure and relief of bedrock around Kurtna]. In *Kurtna järvestiku looduslik seisund ja selle areng I [Natural Status and Development of Kurtna Lake District I]* (ed. Ilomets, M.), pp. 15–20. Tallinn, Valgus. [in Estonian]
- Pöder T., Riet K., Savitski L., Domanova N., Metsur M., Ideon T., Krapiva A., Ott I., Laugaste R., Mäemets A., Mäemets A., Toom A., Lokk S., Heinsalu A., Kaup E., Künnis K., Jagomägi J., 1996.** Mõjutatav keskkond [Affected environment]. In *Keskonnaekspertiis. Kurtna piirkonna tootmisalade mõju järvestiku seisundile [Environmental Assessment. The Effect of Industrial Areas in the Kurtna Region on the Status of the Lakes]* (Ideon, T. & Pöder, T., eds), pp. 16–48. AS Ideon & Ko, Tallinn [In Estonian].
- Riikoja H., 1940.** *Zur kenntnis einiger Seen Ost-Eestis, insbesondere ihrer Wasserchemie*. Tartu.
- Vainu M., 2018.** *Groundwater-surface water interactions in closed-basin lakes: example from Kurtna Lake District in Estonia*. PhD thesis, Tallinn University, Estonia.



La cascade de Valaste en Estonie (photo : Hannu, 2010, wikimedia commons, CC 0-Domaine public).