

LES NOTES DU CREOGN

Centre de Recherche de l'École des Officiers de la Gendarmerie Nationale

Numéro 88 – Mai 2023

Jean-Bernard MYSKOWIAK (Dr)



DÉCOMPOSITION ET DATATION EN MILIEU AQUATIQUE

Les enquêtes concernant les décès en milieu aquatique sont particulièrement délicates lorsque le cadavre reste submergé pendant une longue période. L'altération du corps rend en effet malaisé l'établissement des causes du décès et des circonstances médico-légales de la mort. Lorsque l'état de putréfaction est très avancé, la datation est difficile à réaliser. Dans ces conditions, une méthode zoologique dérivée de l'entomologie forensique peut permettre l'estimation du temps de submersion.

L'entomologie médico-légale classique, reposant sur les liens existants entre la présence d'insectes et l'état de décomposition d'un cadavre, trouve ici ses limites. En effet, la succession des arthropodes attirés par les odeurs cadavériques ne peut se faire qu'à l'air libre. Lorsqu'un corps est retrouvé dans l'eau, la présence du milieu aquatique interdit toute intervention immédiate des insectes nécrophages aériens jusqu'à la phase de gonflement du corps, qui permet la remontée de celui-ci à la surface de l'eau. Bien que le milieu aquatique ne concerne que 10 % des insectes, des études expérimentales américaines¹ avaient déjà démontré l'existence d'une succession d'espèces sur un corps pendant sa phase d'immersion. Pourtant, l'entomologie forensique aquatique reste un secteur encore trop peu exploité qui suscite peu de publications.

Les recherches conduites au département « Faune et Flore Forensiques » (FFF) de l'Institut de recherche criminelle de la gendarmerie nationale (IRCGN) apportent maintenant des réponses au problème de la datation d'un corps ayant subi une phase de submersion. La colonisation aquatique *post mortem* est une réalité et le mécanisme d'intervention des espèces impliquées dans les principaux types de milieux d'eau douce est présenté dans ce texte.

Contrairement à l'air libre, le milieu aquatique entraîne, sur la scène de découverte, une gestion plus délicate des constatations et des opérations de police technique. Bien que cet environnement soit propice aux erreurs dans l'interprétation des phénomènes biologiques et à la dissimulation des preuves matérielles pour les malfaiteurs^{2,3,4}, la découverte de cadavres dans l'eau est à l'origine d'un nombre conséquent de saisines judiciaires.

I) Évolution thanatologique d'un corps en milieu aquatique d'eau douce

L'arrêt cardiaque va rapidement induire un arrêt du métabolisme cellulaire et la destruction à terme de l'ensemble des tissus mous. L'arrêt de la circulation sanguine prive immédiatement les cellules de leur apport en oxygène et le métabolisme oxydatif intracellulaire laisse place à une activité de fermentation anaérobie. L'autodestruction cellulaire ou autolyse entraîne la décomposition progressive des tissus⁵.

Lors de son immersion, le corps va se déplacer verticalement et horizontalement dans l'eau. Il subira quatre phases propres à sa position dans le milieu aquatique au cours du temps (☼ coule au fond - ☼ déplacement horizontal au fond - ☼ remontée à la surface - ☼ dérive en surface). Au contact d'un milieu aquatique d'eau douce, différents agents vont

1 PAYNE, J.A, KING, E.W. « Insect succession and decomposition of pig carcasses in water ». *J. Ga. Entomol. Soc.* 7, 1972, p. 153-162.

2 BECKER, R.F. *Underwater Crime Scene : Underwater Crime Investigative Techniques*. Charles C. Thomas : Springfield Illinois, 1995, 146 p.

3 TEATHER, R.G. *Encyclopedia of Underwater Investigations*. Arizona : Best Publishing Company, 1994.

4 VOILLOT, J.F. La scène de crime subaquatique - une étude. Lausanne. Institut de police scientifique et de criminologie, UNIL ch-1015, 2001.

5 GILL-KING, H. (1997). Chemical and ultrastructural aspects of decomposition. In : HAGLUND, W.D., SORG, M.H. (Eds.). *Forensic taphonomy - The postmortem fate of human remains*. Boca Raton New York London Tokyo : CRC Press, 1997, p. 93-108.

participer à sa réduction et à sa destruction (décomposition des tissus mous, déshabillage et désarticulation du corps). Le séjour prolongé d'un cadavre dans un milieu aquatique d'eau douce va induire un processus biologique de dégradation et de réduction du corps pouvant impliquer différents types d'organismes de taille variable tels que des microorganismes et des macro-invertébrés⁶. Cette action pourra être enregistrée de concert avec les mécanismes de l'évolution *post mortem* du cadavre⁷.

II) Méthodes connues de datation

Lorsqu'un corps est resté dans l'eau pendant une période indéterminée, principalement deux méthodes de datation, l'une relevant de la botanique et l'autre de l'entomologie forensique, permettront d'approcher la notion de délai *post mortem* (temps écoulé entre le décès de la personne et la découverte de son cadavre).

Dans le but d'estimer le délai *post mortem*, des études portant sur la colonisation d'un corps immergé ont pu mettre en évidence une succession chronologique de variétés de la flore aquatique⁸. Ainsi, une expérimentation réalisée pendant une période de 31 jours dans un milieu courant, avec des rats immatures (simulation de la peau humaine), a montré que quatre taxa (Bacillariophytes, Chlorophytes, Cyanophytes, Euglenophytes) intervenaient préférentiellement.

Cette expérience a permis de mettre en évidence différents traits liés au processus de colonisation d'un cadavre. Ainsi, une certaine période d'immersion est nécessaire pour amorcer le processus qui augmentera ensuite régulièrement. Les diatomées (Bacillariophytes), également impliquées dans le diagnostic de la noyade, interviennent préférentiellement et conditionnent l'action d'autres types d'algues. L'ensemble des micro-végétaux concernés présente une affinité sélective pour le corps (substrat) en fonction de l'état de décomposition atteint (ex : affinité des Chlorophytes avec un état avancé de décomposition du corps).

Ce mécanisme de colonisation des algues, considéré comme proche de celui des insectes nécrophages sur un corps à l'air libre, permet de préciser des délais de submersion en fonction de la flore présente (<12 jours, entre 12-25 jours, entre 25-30 jours et >30 jours). En l'absence d'invertébrés sur le corps, cette technique d'étude apparaît des plus pertinentes, car elle se fonde réellement sur un principe de « *succession chronologique par affinité avec un état de décomposition* ».

De plus, les algues microscopiques peuvent être uniques dans un habitat. Leur assemblage sur un corps immergé sera alors à même de donner des indices sur l'évolution spatiale de ce dernier⁹. Néanmoins, des limites peuvent être rapidement atteintes dans l'utilisation de cette méthode en raison du manque de connaissance du développement de certaines algues (exemple des Chlorophytes) qui peut induire une hétérogénéité et des erreurs quant à l'estimation du moment de leur intervention sur le corps. En outre, la grande sensibilité des algues (indicateurs de qualité du milieu) pourra perturber leur mécanisme de succession dans un milieu pollué.

Le concept classique le plus connu de colonisation par différentes populations d'invertébrés d'une source de matière organique en décomposition est celui appliqué classiquement en entomologie forensique. En revanche, en comparaison avec les observations de l'évolution *post mortem* d'un cadavre en milieu aérien, l'immersion en eau douce induit des variations dans les processus de décomposition et de colonisation d'un corps. Les différentes communautés aquatiques ne sont pas strictement nécrophages et le principe de l'entomologie forensique n'est de ce fait plus applicable.

Le milieu aquatique, en général, permet la colonisation des cadavres partiellement ou totalement immergés. La présence d'invertébrés s'interprétera notamment en fonction de la position du corps dans l'eau (immergée ou flottante). L'intervention des insectes nécrophages aériens ne pourra se faire que sur des cadavres flottants ou échoués. Aucune information sur la période de submersion ne pourra jamais être apportée par une technique classique de l'entomologie.

III) La faune macrobenthique liée à l'évolution *post mortem* d'un cadavre

Différentes études sur la décomposition de cadavres d'animaux ont mis en évidence l'incidence de la matière organique en décomposition sur la dynamique nutritive de l'écosystème, à compter du début de séjour dans l'eau¹⁰. Cet impact résulte du relargage des composés azotés issus du catabolisme des protéines. La dégradation de la matière organique entraîne

6 MERRIT, R.W., WALLACE, J.R. The role of Aquatic Insects in Forensic Investigations. In : BYRD, J.H., CASTNER, J.L. (Eds.), *Forensic Entomology: the Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Boca Raton : CRC Press, 2001.

7 HAGLUND, W.D., SORG, M.H. Human Remains in Water Environments. In : HAGLUND, W.D., SORG, M.H. (Eds.), *Advances in forensic taphonomy - Method, theory and archeological perspectives*. Boca Raton London New York Washington D.C : CRC Press, 2002, 18 p.

8 CASAMATTA D.A., VERB, R.G. Algal Colonization of Submerged Carcasses in a Mid-Order Woodland Stream. *Journal of Forensic Sciences*, 2000, 45 (6), p. 1280-1285.

9 HALL, D.W. Forensic botany. In : HAGLUND, W.D., SORG, M.H. (Eds.), *Forensic Taphonomy - The Postmortem Fate of Human Remains*. Boca Raton New York London Tokyo : CRC Press, 1997, p. 353-363.

10 BYRD, J.H., HAMILTON, W.F. Underwater cave diving fatalities in Florida: a review and analysis. *Journal of Forensic Sciences*, 1997, 42 (5), p. 807-811.

HOBISCHAK, N.R. *Freshwater invertebrate succession and decomposition studies on carrion in British Columbia*. Biological Sciences Theses, Burnaby : Simon Fraser University, 1997.

également la libération de phosphore, dont les orthophosphates (PO_4^{3-}) constituent la forme minérale prépondérante dans le milieu aquatique¹¹ à même d'entraîner la prolifération d'algues¹². Ainsi, cet impact de la dégradation d'un corps sur la productivité primaire de l'écosystème aquatique est la clé de voûte du processus de colonisation d'un cadavre séjournant dans l'eau.

L'approche expérimentale la plus complète du phénomène de colonisation macrobenthique d'un corps immergé en eau douce courante et stagnante a été réalisée en Colombie Britannique¹³. Si l'expérience n'a pas pu mettre en évidence un schéma de succession chronologique sur le cadavre, certains invertébrés (bivalves) ont déjà été enregistrés comme répondant à un processus de succession significatif et cohérent sur le corps.

La découverte d'un cadavre dans un milieu aquatique d'eau douce permet donc de mettre en évidence la présence d'invertébrés sur le corps, mais l'absence de régime nécrophage strict du macrobenthos interdit toute application d'un modèle de succession tel qu'il existe à l'air libre. En revanche, nous savons maintenant que le séjour d'un corps dans l'eau va faire de celui-ci le support d'une faune et d'une flore qui participeront à sa réduction. Les différentes expérimentations, menées au cours du temps, au département FFF de l'IRCGN ont apporté des réponses quant à la conception d'un modèle de succession d'invertébrés aquatiques, caractérisés par des régimes alimentaires variés et permettant l'approche du concept forensique d'une espèce bio-informative.

Ainsi, certains invertébrés présents sur un corps immergé constitueront d'excellents indicateurs du temps passé au contact d'un milieu aquatique naturel ainsi que de la nature de ce milieu aquatique, tout en devenant des *témoins biologiques*¹⁴ de leur environnement, parallèlement à leur rôle de *témoins judiciaires*.

Les larves de Diptères de la Famille des Chironomidae sont les principaux intervenants sur les zones immergées des corps étudiés. Aucun *pattern* en nombre ou densité larvaire ne peut être réellement mis en évidence, néanmoins un nombre croissant de larves de ce type d'insectes est toujours constaté au cours du temps. Ce groupe est présent sur les corps depuis la phase de gonflement et se développe jusqu'à leur réduction squelettique. En revanche, aucun arthropode n'a été récolté pendant la phase « cadavre frais ». Ce constat suggère qu'un délai minimum non quantifiable existe pour l'amorce du processus de colonisation.

IV) Approche expérimentale

La prise en compte de cas réels, dans un contexte expérimental, permet, d'une part, la compréhension de la notion de dynamique de colonisation *post mortem* d'un cadavre submergé et, d'autre part, autorise à fixer les modalités de prélèvement sur le terrain et d'acheminement des échantillons au laboratoire.

La prise en compte initiale de trente cadavres découverts dans différents milieux d'eau douce a ainsi été réalisée en collaboration avec différentes unités médico-légales et de terrain. Les données provenant de l'examen des corps humains ont été obtenues auprès des services des différents instituts médico-légaux concernés. Les différents délais *post mortem* sont compris approximativement entre une demi-journée et 3 ans environ : ils concernent uniquement des cas de découverte d'individus adultes¹⁵.

Les spécimens de macro-invertébrés ont été prélevés directement sur les corps et les vêtements des victimes ou lors des opérations d'autopsie. Le bilan des taxons regroupe 20 familles appartenant à 14 genres différents d'invertébrés regroupant les classes des Oligochètes, des Achètes, des Gastéropodes, des Bivalves, des Crustacés, des Aranéides et des Acariens. La classe des insectes est représentée par 5 ordres regroupant 22 familles et 30 genres participant au processus de colonisation d'un corps en milieu naturel.

Le mécanisme de colonisation *post mortem* des corps ayant subi une période de submersion partielle (flottaison) de 1 à 3 semaines dans un milieu d'eau douce courant ou stagnant est dépendant de l'accessibilité à la surface, de la présence de vêtements, du niveau de décomposition et de la présence de vase et de végétaux. L'étude permet de constater que les invertébrés sont systématiquement absents sur des cadavres frais dont le délai *post mortem* est inférieur à 2-3 jours ainsi que sur des cadavres très altérés (restes squelettiques). Les traces de colonisation disparaissent avec la perte des vêtements et les changements *post mortem*. L'environnement aquatique est également en mesure d'affecter très vite le cadavre, en causant rapidement la disparition des traces de colonisation utiles à l'estimation de la période minimale de submersion.

Les Gastéropodes sont les premiers colonisateurs, après au moins une semaine de submersion nécessaire au recouvrement du corps par les algues et les vases constituant le régime alimentaire de ces invertébrés. Les premiers Gastéropodes

11 CEMAGREF (1991). Guide Pratique de l'Agent Préleveur. Secrétariat d'État à l'Environnement : Paris.

12 BREMOND R. PERRODON, C. *Paramètres de la qualité des eaux*. Neuilly-sur-Seine : Ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, 1976.

13 HOBISCHAK NR., ANDERSON, G.S. Time of submergence using aquatic invertebrate succession and decomposition changes. *Journal of Forensic Sciences*, 2002, 47 (1), p. 142-151.
HOBISCHAK, N.R., *op.cit.* note 10, p. 2.

14 D'AGUILAR J., DOMMANGET, J.L. . Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. *Les Guides du Naturaliste* : Delachaux et Niestlé, 1998.

15 MYSKOWIAK J.B., MASSELOT, G., FANTON, L., *et al.* Freshwater invertebrates and Wagner's parsimony method (WPM): Tools for the submersion time estimation of a cadaver found in a natural aquatic environment. Description of a sampling protocol. *La revue de médecine légale*, 2010, vol. 1(2), p. 41-78.

peuvent être échantillonnés dès 5 jours de submersion. Les Diptères sont les seconds intervenants de la faune de ces cadavres. Au printemps, la présence de Diptères a été enregistrée sur des corps submergés entre 3 semaines et 2 mois. Les corps totalement submergés attirent préférentiellement les espèces de Chironomidae et de Simuliidae.

Une estimation précise de la période minimale de submersion nécessite la prise en compte des formes immatures de Chironomidae du deuxième au quatrième stade de développement. En ce qui concerne la colonisation aérienne du corps, les Diptères nécrophages ne permettent pas l'estimation du délai *post mortem*. L'environnement aquatique est en mesure de différer les pontes (lessivage, batillage), de réduire la densité larvaire sur les parties émergées et de réduire le taux de développement des insectes.

V) Expertise scientifique - Période minimale de submersion et délai *post mortem*

L'estimation du moment de la fixation sur le corps des formes animales aquatiques ou des premières ovipositions des insectes aériens sur le cadavre flottant s'exprime sous la forme d'un intervalle de temps, exprimé généralement en jours, correspondant à un séjour minimal dans un milieu aquatique d'eau douce. Il ne s'agit pas d'un calcul du délai *post mortem* mais d'une estimation de la période minimale de séjour d'un corps dans un milieu aquatique d'eau douce exclusivement¹⁶. Le résultat est communiqué sous la forme d'une période estimée par la méthode du cumul thermique, à partir de laquelle le corps peut être considéré comme assurément submergé. Ainsi, l'étude des spécimens colonisateurs permet de comprendre les deux phases de l'évolution *post mortem* du cadavre dans un milieu aquatique (courant ou stagnant).

À ce jour et en l'état actuel de nos connaissances, l'observation de l'évolution de différents corps dans l'eau met en évidence trois phases :

- de 2 à 15 jours (courant et stagnant). Le rôle prépondérant de l'ordre des Diptères est mis en évidence par des spécimens de moustiques de la tribu des Chironomini dont le développement strictement aquatique n'est pas perturbé par les mouvements du corps dans l'eau ;
- de 15 à 30 jours (courant) et de 15 à 60 jours (stagnant). La succession des invertébrés sur le corps augmente en densité et se compose maintenant de variétés d'individus dont les groupes fonctionnels alimentaires sont différents. L'estimation du temps écoulé depuis la mort de la victime reste cependant dépendante des insectes, fixés sur le corps, dont le temps de développement est mesurable à partir des données de température de l'eau. D'autres invertébrés tels que les Achètes, les Crustacés et les Gastéropodes, intervenant en fonction d'un *preferendum* écologique, nous informent sur le lien entre le cadavre et son lieu de découverte ;
- après 30 jours (courant) et 60 jours (stagnant). Les témoins de la durée du séjour dans l'eau ne sont appréciables que par une forte présence de gastéropodes sur les restes, l'observation de larves de libellules prédatrices (Odonates) colonisant les cavités du corps et des mollusques bivalves (*D. polymorpha*) nécessitant la présence d'adipocire et de taux importants de matières organiques en décomposition.

Quatre classes d'invertébrés, représentées par des spécimens de Gastéropodes, de Bivalves, de Crustacés et d'Insectes, sont impliquées dans le mécanisme de colonisation d'un corps immergé. D'un point de vue écologique, ce processus est toujours lié au type d'environnement (courant, stagnant), à l'accessibilité du corps à la surface de l'eau, à la saison de découverte et à la présence de vase sur le cadavre. L'absence de ces animaux est généralement enregistrée sur des corps dont le délai de submersion est trop faible (inférieur à 2 jours) ou trop important (restes squelettiques).

L'information relative au processus de colonisation est donc évolutive et éphémère. Une dispersion rapide des indices peut survenir du fait de la méconnaissance du milieu ou du type d'information qu'il est indispensable de recueillir par application du protocole mis en œuvre au département Faune et Flore Forensiques (3F) de l'IRCGN.

L'étude du processus de colonisation *post mortem* nécessite la réalisation d'échantillons d'invertébrés sur le corps (terrain et autopsie) au moyen d'un matériel à même d'assurer la conservation des échantillons. Au laboratoire, une analyse du développement des animaux récoltés est ensuite réalisée afin de déterminer, à l'aide de différents modèles mathématiques et écologiques, la période de fixation des premiers invertébrés sur le corps. Ainsi peut être matérialisée la période minimale de submersion du corps d'une victime retrouvé immergé dans un milieu aquatique d'eau douce.

Jean- Bernard MYSKOWIAK est docteur en sciences biomédicales et chercheur associé au Centre de recherche de l'École des officiers de la gendarmerie nationale. Il fut responsable de l'Unité d'expertise « milieux aquatiques » du département « Faune et Flore Forensiques » de l'IRCGN.

Le contenu de cette publication doit être considéré comme propre à son auteur et ne saurait engager la responsabilité du CREOGN.

16 MYSKOWIAK, J.B., MASSELOT, G., SCHULIAR, Y. Étude des communautés d'invertébrés aquatiques et de la colonisation d'un cadavre ayant séjourné dans un milieu aquatique d'eau douce. Estimation de la période de submersion. *J. Med. Leg. - Droit Med.*, vol. 48, 2005, p. 237-246.