

Ian F. Grant¹

Natural Resources Institute, University of Greenwich at Medway, Central Avenue,
Chatham Maritime, Kent ME4 4TB, Royaume-Uni.

INTRODUCTION

Les paramètres environnementaux² influencent la distribution, l'abondance et l'activité des animaux et des plantes. Les conditions météorologiques locales, comme la température de l'air, la pluviométrie ou l'ensoleillement modifient le comportement des organismes terrestres; la vitesse du courant, l'oxygène dissous, les solides en suspension et la topographie du lit des cours d'eau agissent sur les espèces aquatiques.

Les caractéristiques des pesticides diffèrent également en fonction des conditions environnementales: toute évaluation de l'impact de pesticides implique la connaissance du type de sol, de l'humidité du sol, du pH de l'eau et du type de sédiments. La biodisponibilité d'un insecticide conditionne la probabilité d'exposition d'un organisme à une toxine. Certains types d'insecticides ne pourront pas se lier sur un sol sableux comme ils le font sur un sol argileux: les organismes vivant dans les sols sableux sont donc particulièrement exposés. L'humidité et le pH du sol modifient fortement le taux de dégradation des pesticides et donc leur rémanence et leur biodisponibilité dans l'environnement. La mesure des paramètres environnementaux fait partie intégrante de tout dispositif expérimental visant à observer les modifications survenant dans les populations, les fonctions et les activités des espèces résultant des pesticides.

Les paragraphes qui suivent décrivent les techniques de terrain permettant de mesurer les paramètres physiques et physico-chimiques dans l'atmosphère, l'eau et le sol. L'étude des facteurs environnementaux qui ont une influence sur l'abondance des plantes, comme la concentration des nutriments azotés, phosphorés et potassiques du sol et de l'eau, ne sont pas décrits dans ce document, car les réactifs chimiques nécessaires sont difficiles à gérer sur le terrain, du moins sur des périodes prolongées. Les nutriments utiles aux plantes ont également peu d'influence directe sur la faune, principal sujet de ce manuel.

Les méthodes décrites dans ce qui suit sont simples, fiables, peu onéreuses et faciles à utiliser. Quand l'éloignement rend peu pratique la visite quotidienne des sites d'échantillonnage, il est nécessaire de se munir d'enregistreurs automatiques de données et, pour les études à long terme, d'un ordinateur portable pour y transférer les données. Ces équipements sont certes onéreux et, dans certaines circonstances, il peut être plus avantageux, en termes de coût et d'efficacité, d'avoir du personnel à demeure sur les sites d'échantillonnage éloignés. Ces méthodes ont été testées par toutes les personnes ayant contribué à la rédaction de ce manuel, principalement pour un usage quotidien s'étalant sur plusieurs mois, voire plusieurs années. Il faut savoir que des données sont toujours perdues, mais que les pertes sont minimisées par une planification adéquate du travail (ex: produits consommables ou main d'œuvre) et en tenant les équipements de terrain hors de la vue des personnes et de l'atteinte des gros animaux, en les protégeant par une clôture si nécessaire. Les biométriciens peuvent combler certaines lacunes, mais l'obtention de données complètes est recommandée.

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Le Tableau 5.1 résume les paramètres environnementaux qu'il est nécessaire d'intégrer dans tout dispositif expérimental. Certains sont essentiels (●), d'autres sont optionnels (○). De nombreux paramètres, comme les conditions météorologiques, sont mesurés par des méthodes semi-continues, toutes les 30 minutes.

D'autres sont échantillonnés moins régulièrement (ex: conductivité et turbidité de l'eau), voire une seule fois quand il s'agit d'établir des données de référence (texture du sol et capacité de rétention d'eau). Il est parfois indispensable de prendre en

¹ Adresse: Cybister Environmental Protection, Oak House, South Street, Boughton, Kent ME13 9PE, R-U. ian.grant@cybister.plus.com

² Facteurs ou variables

compte l'influence des variations quotidiennes ou saisonnières sur les biotes: des mesures de la température et de l'oxygène dissous seront alors prises jour et nuit dans les mares peu profondes et les lagons, si nécessaire pendant la saison sèche et la saison des pluies. En pratique, la fréquence et la durée d'échantillonnage sont limitées par le niveau technologique des équipements utilisés, un enregistreur automatique de données peut mesurer la vitesse du vent, l'humidité relative et la température toutes les 30 minutes, alors qu'un thermomètre à maximum/minimum n'est consulté qu'une fois par jour.

Le positionnement des équipements météorologiques est mentionné dans les chapitres concernés. Il s'agit avant tout d'établir des données cohérentes avec celles enregistrées par les services météorologiques nationaux, ainsi que des données comparables entre les stations installées sur le site traité et sur le site non traité, qui peuvent parfois être éloignés de plusieurs centaines de kilomètres. De simples précautions permettent souvent de normaliser les procédures et d'éviter les effets des bâtiments, des arbres et de l'ensoleillement direct lors des mesures de la vitesse du vent, de la direction du vent, de la température et de la pluviométrie. Quand les sites objets du suivi sont distants de 10 à 20 km, il peut s'avérer utile d'installer plus d'une station météorologique, ce qui a des répercussions sur la gestion des ressources et la fréquence de lecture. Pour une meilleure efficacité à moindre coût, il est recommandé de faire lire les données par un observateur à des moments donnés, plutôt que d'acheter des équipements automatiques coûteux et fragiles.

Tableau 5.1 Principales mesures par type d'étude

Paramètre													
Étude	Température de l'air/de l'eau	HR en %	Vitesse du vent	Pluviométrie	OD/SS/TE	Substrats aquatiques	Texture du sol	CRE	Humidité du sol	pH	Conductivité	Couvert végétal	Ombrage
	Types d'applications	●	○	●	●								
Résidus de pesticides	●	●	●	●			●			○		○	●
Transformations dans le sol	●	●	○	●			●	●	●	●		●	
Invertébrés terrestres	●	●	●	●								●	
Invertébrés aquatiques	●		●	●	●	●				●	●	●	
Poissons	●		○	●	●	●				●	●	●	
Reptiles	●	●	●	●								●	●
Amphibiens	●	●	●	●					●			●	●
Oiseaux	●	●	●	●								●	○
Petits mammifères	●	●	●	●			○					●	○

Légende: HR = humidité relative; OD = oxygène dissous; SS = solides en suspension/Turbidité; CRE = capacité de rétention d'eau; TE = transparence de l'eau (disque de Secchi); ● obligatoire; ○ optionnel.

MESURES MÉTÉOROLOGIQUES

Le vent

La vitesse et la direction du vent sont des informations utiles permettant de prévoir la route des ravageurs migrants, l'origine des chants d'oiseaux, la direction prise par les gouttelettes d'insecticide et la distance qu'elles peuvent parcourir, ainsi que le taux d'évaporation et la durée de rémanence des résidus de pesticides sur les surfaces, etc. Les méthodes les plus efficaces de mesure de la vitesse et de la direction du vent sont semi-continues, particulièrement quand le pesticide est appliqué à grande échelle. Elles impliquent l'utilisation d'équipement onéreux: plusieurs anémomètres et un enregistreur automatique de données, pour un total de 2 500 dollars EU (ce qui ne représente cependant qu'une fraction du coût opérationnel de l'application). Une manière peu coûteuse, mais peu précise, d'estimer la direction du vent est d'utiliser une manche à air, ou un anémomètre à coupelles ou à palettes, et une boussole. Il existe des instruments mesurant directement la vitesse du vent: par la montée, sous la pression de l'air, d'une bille de plastique dans des tubes étalonnés ou par la rotation de coupelles fixées à un axe d'un anémomètre étalonné.

Limites Le coût est le premier facteur limitatif. Toutes ces méthodes requièrent de plus un bon positionnement des instruments de mesure, car les obstacles comme les habitations, les bois, les chemins et la végétation modifient la vitesse du vent et sa direction. Il est préférable de placer les instruments dans un large espace découvert, en gardant à l'esprit que le fait d'utiliser un mât pour éviter un obstacle donne une mesure représentative des conditions à la hauteur atteinte. Les équipements météorologiques laissés pendant de longues périodes sont exposés aux voleurs et aux animaux. Les installations de suivi à long terme doivent donc être protégées par une haute barrière en fil de fer, qui n'est cependant pas une garantie contre les éléphants et les babouins.

Procédure Les instruments manuels sont à lecture directe. Les enregistreurs automatiques de données peuvent être, soit lus directement, soit nécessiter un logiciel pour calculer les moyennes et autres mesures statistiques.

Données obtenues Vitesse en $m\ s^{-1}$. Les données sont ensuite représentées sous forme de tableau ou de graphique.

Période d'échantillonnage La collecte des données s'effectue pendant toute la durée du suivi. Les enregistreurs électroniques peuvent être réglés pour enregistrer les données toutes les 20 minutes. Les mesures manuelles (anémomètres manuels) doivent être effectuées deux fois par jour, à la même heure.

Matériel Anémomètre, enregistreur automatique de données, ordinateur portable, boussole et anémomètre à coupelle ou à palettes.

Personnel requis 1.

La pluviométrie

Les pluviomètres sont indispensables lors de l'interprétation et de la comparaison des informations biologiques et chimiques. La pluie conditionne la croissance de la végétation, l'activité de la flore microbienne du sol, la présence et le comportement des organismes non cibles, ainsi que la dissipation, le déplacement et la dégradation des pesticides. Tout récipient à fond plat et à bords droits (comme une boîte de café) peut être utilisé pour estimer la pluviométrie. Les pluviomètres peuvent être achetés ou fabriqués à partir d'un entonnoir placé au-dessus d'une éprouvette graduée. Pour une utilisation à long terme, sans surveillance, il est possible d'enregistrer la pluviométrie à l'aide d'un pluviomètre à augets basculeurs muni d'un compteur mécanique ou électrique couplé à un enregistreur automatique de données. La hauteur de l'eau dans le récipient est déterminée sur une courbe qui prend en compte la superficie de l'ouverture du récipient et la convertit en millimètres par unité de temps.

Limites Le positionnement de l'instrument est important pour réduire les effets des abris éventuels (bâtiments, arbres, herbes hautes, etc.), des éclaboussures et de l'évaporation, qui est rapide dans les climats chauds, particulièrement au début et à la fin de la saison des pluies. Un dixième de millimètre de pluie s'évapore rapidement si l'appareil n'est pas isolé de la chaleur ou surveillé régulièrement.

Données obtenues Millimètres de pluie par jour/mois, etc. Les données sont représentées sur un histogramme, avec le temps sur l'axe des x.

Période d'échantillonnage La collecte des données s'effectue pendant toute la durée du suivi. Vérifier et vider les instruments quotidiennement (si nécessaire).

Matériel Récipient, entonnoir et éprouvette graduée ou pluviomètre à augets basculeurs.

Personnel requis 1.

La température

La température de l'air, de l'eau et du sol a une influence significative sur la distribution, le comportement et l'activité des biotes et des pesticides. Des températures clémentes augmentent l'activité des animaux et ont une forte influence sur les techniques de piégeage basées sur l'activité (ex: piège de Barber), elles augmentent aussi le risque de contact avec des gouttelettes portées par le vent et des pesticides déposés sur des surfaces. Les inversions de température au crépuscule et à l'aube modifient la dispersion des gouttelettes de pesticide et la température ambiante a une influence sur la toxicité des produits en question (de fortes températures augmentent en général la toxicité, mais des températures plus basses augmentent la toxicité des pyréthriinoïdes). Les taux de dégradation des pesticides et leur rémanence sont fortement dépendants de la température.

Les thermomètres en verre à mercure donnent une mesure précise des températures de l'air, de l'eau et du sol. Les thermomètres à maximum/minimum sont particulièrement utiles lors des évaluations des impacts sur les systèmes écologiques car ils sont peu coûteux, solides et facilement remis à zéro pour des mesures quotidiennes. Les capteurs de température électroniques et manuels sont également de bons instruments mais ils sont onéreux et nécessitent des piles à longue durée de vie. La plupart des instruments manuels utilisés pour la détermination du pH, de la teneur en oxygène et de la conductivité sont équipés de capteurs de température intégrés, donnant la température séparément de leurs fonctions principales. Les enregistreurs automatiques de données météorologiques ont également une entrée pour connecter un thermistor ou un thermocouple.

Limites Il faut protéger les thermistors et les thermomètres à mercure de la lumière directe du soleil lors des mesures de température de l'air (prévoir un écran en bois ou en polystyrène).

Procédure Aucune, sauf le calcul statistique de base (moyenne, plage de variation, maximum-minimum).

Données obtenues Température en °C, exprimée sous forme de graphiques (la durée sur l'axe des x) ou de tableau, comme requis.

Période d'échantillonnage La collecte des données s'effectue pendant toute la durée du suivi. Les enregistreurs électroniques peuvent être réglés pour enregistrer les données toutes les 20 minutes. Les mesures manuelles doivent être effectuées à l'aube, en milieu de journée et au crépuscule.

Matériel Thermomètres, thermomètres à maximum/minimum ou appareils électroniques à thermistors.

Personnel requis 1.

L'humidité relative

La vitesse de déshydratation de nombreux biotes dépend de l'humidité de l'air environnant. La perte d'eau est rapide par évaporation cutanée ou au travers de la cuticule quand le taux d'humidité est bas. Ce phénomène est aggravé par de fortes températures et une vitesse du vent élevée. De nombreuses espèces sont inactives lors de la saison sèche et la présence d'ombre ou de couvert végétal, même en petite quantité, influe de manière significative sur l'activité des animaux, particulièrement au niveau du sol. Les conditions locales influencent l'humidité du sol et l'activité microbienne: le taux de dégradation biologique des pesticides s'accélère en zones humides. Les pesticides à effet de choc sur les invertébrés (ex: les pyréthriinoïdes) ouvrent les stigmates des insectes, les exposant à un risque de dessèchement lorsque l'humidité relative est faible.

Le meilleur instrument permettant de mesurer l'humidité est le psychromètre fronde: il est rapide, précis et moins coûteux que les sondes électroniques. La mesure s'appuie sur la différence de température enregistrée entre deux thermomètres, dont l'un est sec et l'autre maintenu humide à l'aide d'une mèche trempée dans un réservoir d'eau. En faisant tourner le psychromètre dans l'air (comme une crécelle), l'eau de la mèche s'évapore en fonction de l'humidité et refroidit le thermomètre. Plus l'humidité est basse, plus le refroidissement est élevé: la différence entre les deux températures permet de calculer l'humidité relative.

Limites Les différences entre les microhabitats modifient l'humidité relative.

Procédure L'écart entre les deux températures est converti en humidité, à l'aide des tables de conversion fournies avec l'instrument.

Données obtenues Humidité relative en pourcentage, tracée en fonction de la durée ou sur un diagramme radial pour une représentation spatiale.

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures à la même heure tout au long de la période de suivi. Régler l'enregistreur automatique pour enregistrer l'humidité relative toutes les heures.

Matériel Psychromètre fronde.

Personnel requis 1.

AUTRES MESURES PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES

La température de l'eau

Voir les généralités dans le paragraphe 'Température' ci-dessus.

La température de l'eau peut varier fortement au cours d'une période de 24 h. À la saison sèche, les masses d'eau peu profondes, les marais et les lagons, ainsi que les cours d'eau à faible courant peuvent enregistrer une différence de température de 10 °C entre le crépuscule et l'aube. L'activité des poissons et des invertébrés est très différente à ces extrêmes et les procédures d'échantillonnage biologique doivent prendre en compte ce facteur. Lorsque les températures sont hautes, les poissons et les invertébrés souffrent plus de ce stress dans les eaux peu profondes: la respiration s'accélère, les niveaux d'oxygène dissous sont bas et la toxicité de pesticides augmente. Dans les mares, les lacs et les cours d'eau plus profonds, les températures présentent des valeurs moins extrêmes et le facteur de dilution diminue la toxicité aiguë des dépôts de pesticides (ce n'est pas le cas pour les invertébrés vivant à la surface de l'eau).

Les thermomètres en verre à mercure ou les thermomètres électroniques sont facilement utilisables depuis la berge, à gué ou d'un bateau. Un thermistor ou un thermocouple lesté, connecté à un câble, permet d'effectuer les mesures de profondeur. Les électrodes à oxygène dissous sont équipées de thermomètres intégrés et de câbles en général plus longs.

Limites La longueur du câble limite la profondeur à laquelle les mesures peuvent être prises.

Données obtenues Moyenne quotidienne des températures, qui peut être tracée sous forme de courbe en fonction de la durée.

Période d'échantillonnage Dès qu'un poisson ou un invertébré est prélevé dans l'eau. Les enregistreurs électroniques peuvent être réglés pour enregistrer les températures toutes les 20 minutes.

Matériel Thermomètre en verre ou électronique ou thermistor/thermocouple connecté aux électrodes de mesure de l'oxygène ou de la conductivité.

Personnel requis 1.

L'oxygène dissous

La quantité d'oxygène dissous dans l'eau varie constamment. Elle est naturellement fonction de la température de l'eau, de la photosynthèse et de la respiration des plantes, ainsi que de la décomposition des matières organiques. La pollution organique et l'enrichissement en nutriments exposent les organismes aquatiques à une gamme beaucoup plus grande de concentration en oxygène et les impacts potentiels peuvent donc toucher de très nombreuses espèces qui, pour la plupart, dépendent de l'oxygène dissous ou y sont sensibles. Dans ces conditions, il est courant de constater des fluctuations quotidiennes passant de niveaux de sous saturation (5 à 10 %) à des niveaux de sursaturation (150 %), qui tous deux sont des facteurs limitants. L'oxygène dissous dans l'eau est l'un des paramètres clés que les écotoxicologistes doivent mesurer. Le stress physiologique induit par l'exposition aux pesticides, combiné à de faibles niveaux d'oxygène dissous, peut être léthal pour les organismes aquatiques.

La mesure de l'oxygène dissous dans l'eau est relativement aisée à l'aide d'un oxymètre portable. Une électrode à oxygène étalonnée est lentement passée dans l'eau et fournit la mesure de l'oxygène en ppm au bout de 1 à 2 minutes. Les instruments de mesure et les électrodes sont coûteux et nécessitent un bon entretien, ainsi que des piles à longue durée de vie. La solution de remplacement, la méthode plus précise de Winkler, est longue, nécessite des réactifs chimiques et n'est pas adaptée à des essais en continu sur le terrain.

Limites Les électrodes sont fragiles et doivent être étalonnées tous les 1 à 2 jours, bien que, pour la plupart des suivis de terrain, de l'air saturé d'eau soit suffisant pour vérifier l'étalonnage. La plupart des instruments de mesure ont un système automatique de compensation de la température, dans certains modèles, en revanche, la température et la pression doivent être corrigées manuellement. L'enregistrement semi-continu des données n'est pas pratique sur de longues durées: l'eau doit s'écouler sur l'extrémité de l'électrode et une immersion en continu dans l'eau expose la membrane à la croissance des algues et des bactéries. Il est conseillé de planifier des visites des sites d'échantillonnage pour s'assurer que les mesures sont prises aux mêmes heures à chaque visite (pour prendre en compte l'activité photosynthétique). Ce dernier point est difficile à respecter quand il faut parcourir de grandes distances sur terre ou autour d'un lac.

Procédure Aucune, sauf pour les vieux instruments de mesure qui ne sont pas équipés de système de compensation automatique de température et de pression lors des calculs du pourcentage de saturation en oxygène.

Données obtenues Oxygène en ppm et pourcentage de saturation en oxygène.

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures lors de l'échantillonnage des habitats aquatiques. Il est parfois utile de connaître la quantité d'oxygène dissous au cours d'une période de 24 h. Les enregistreurs électroniques peuvent être réglés pour enregistrer les données toutes les 20 minutes.

Matériel Oxymètre portable, électrode à compensation de température et câble.

Personnel requis 1.

Le pH

L'acidité et l'alcalinité des sols et de l'eau sont estimées à l'aide d'une échelle de pH. Pour le sol, il est nécessaire de préparer un mélange aqueux ou de pratiquer sur le sol une extraction à l'eau avant la mesure. Le pH du sol varie légèrement avec les saisons, la chute des feuilles, le lessivage et les pratiques culturales. Le pH de l'eau varie considérablement car l'activité photosynthétique diminue les quantités d'oxyde de carbone dans l'eau et modifie l'équilibre carbonate-bicarbonate. L'importance du pH dans les sols s'exprime par son effet sur la disponibilité des nutriments utilisés par les plantes. Pour les études écotoxicologiques, le pH de l'eau et du sol influencent la toxicité des pesticides et leur taux de dégradation.

Le pH se mesure à l'aide de méthodes colorimétriques ou électriques. Cette dernière méthode est plus sensible et consiste à immerger deux électrodes (une pour le pH et une de référence) ou une électrode combinée dans une solution de sol ou dans l'eau, puis de lire directement le pH sur l'instrument de mesure au bout de 1 à 2 minutes. La méthode colorimétrique, moins onéreuse, mais moins précise, consiste à utiliser des indicateurs, des papiers pH, trempés dans la solution: la couleur qui apparaît est comparée avec l'échelle fournie.

Limites Les électrodes pH sont fragiles et se cassent facilement sur le terrain. Il faut toujours emporter des électrodes pH et de référence de rechange, ainsi que des piles. Ces instruments requièrent également un étalonnage régulier (quotidien), ce qui nécessite d'emporter 2 à 3 solutions tampons et de l'eau distillée. La lecture des papiers pH dépend souvent de l'interprétation donnée par l'utilisateur.

Procédure Des volumes équivalents d'eau distillée et de sol sont mélangés pendant quelques minutes avant d'immerger les électrodes ou de tremper les papiers indicateurs.

Données obtenues Unités pH, avec une précision de 0,01 pour une électrode et une précision de 0,5 pour les papiers à échelle réduite.

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures lors de l'échantillonnage des habitats aquatiques.

Matériel Électrodes pH et de référence, pH-mètre et tampons et/ou papiers pH.

Personnel requis 1.

La lumière et l'ombrage

Les mesures de lumière et d'ombrage abordées dans ce manuel servent principalement à classer les habitats terrestres ou à décrire des changements diurnes ou saisonniers. Dans ce contexte, l'influence de la lumière et de l'ombrage sur l'activité des animaux et leurs comportements présente plus d'intérêt que leurs effets sur la croissance des plantes et la photosynthèse, car les mesures des populations fauniques sont parfois biaisées par les modifications de comportement dues à la lumière. Les variations de l'intensité lumineuse (de la pleine lumière à la pénombre totale) modifient la rémanence des pesticides sur des surfaces comme la végétation et le sol, car le rayonnement ultraviolet dégrade les composés organiques.

Il existe de nombreux luxmètres conçus pour mesurer différents types de radiation (ex: irradiation photonique, flux d'énergie et lux). Pour effectuer de simples comparaisons et enregistrements de niveaux de luminosité dans différents habitats, un instrument de mesure possédant des unités arbitraires, un instrument permettant de mesurer les RAP (radiations actives dans la photosynthèse) ou un luxmètre sont suffisants. De nombreux spécialistes de l'environnement enregistrent l'éclairage en parcourant des transects et, en utilisant une échelle allant de la pleine lumière à la pénombre totale, ils consignent les conditions dans lesquelles sont observées les espèces d'insectes, de reptiles ou d'oiseaux. Il est aussi utile de rapprocher la mesure de la lumière du pourcentage de couvert végétal (si applicable). Il est possible d'estimer grossièrement le couvert végétal offert à la faune par la canopée en zone boisée ou en forêt fluviale en tenant en hauteur un petit quadrat et en notant le pourcentage occupé par le ciel clair, les nuages, la canopée, etc. Cet ouvrage ne fournit pas de fiche méthodologique pour ces mesures.

Limites Aucune, dans la mesure où les résultats ne sont utilisés que pour effectuer des comparaisons.

Procédure Aucune.

Données obtenues Intensité lumineuse ou estimation de l'éclairage/couvert, présentée sous forme de courbes ou de tableaux.

Matériel Luxmètres et capteur, petit quadrat.

Personnel requis 1.

La turbidité/transparence de l'eau

La mesure de la pénétration de la lumière dans l'eau accompagne parfois la mesure du comportement du phytoplancton et des poissons; elle permet aussi d'estimer la réduction de la transparence de l'eau due à l'envahissement d'herbes flottantes. Un disque de Secchi est un instrument simple qui est largement utilisé dans ce but. Ce disque, peint de secteurs noirs et blancs, est mouillé jusqu'à ce qu'il disparaisse à la vue de l'opérateur. La profondeur de disparition est notée à l'aide de la ligne de mouillage du disque. Le mouillage se poursuit, le disque est alors remonté jusqu'à ce qu'il redevienne visible, la profondeur est de nouveau notée. Cette méthode permet d'effectuer facilement des mesures comparatives dans le temps. Si besoin est, les mesures sont converties en profondeurs euphotiques (les ouvrages de limnologie fournissent les facteurs de conversion). (Voir fiche méthodologique « Turbidité » dans le chapitre sur les mesures physico-chimiques dans l'eau.)

Limites Variabilité du fait de l'opérateur. Les modifications des conditions ambiantes de luminosité et les perturbations de la surface de l'eau (rides, vagues) réduisent la précision de la mesure.

Données obtenues En centimètres ou en mètres. Les données sont aisément représentées sous forme d'histogrammes.

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures lors de l'échantillonnage des mares, des lacs et des lagons.

Matériel Disque de Secchi, lest et ligne de mouillage.

Personnel requis 1.

La turbidité/solides en suspension

Les matières organiques et inorganiques en suspension modifient la disponibilité des pesticides dans l'eau. De nombreux pesticides forment des résidus fortement liés aux particules en suspension, ils sont rapidement emportés en aval de la zone contaminée. Les rivières de forte turbidité procurent des degrés élevés de protection à la faune locale et la dilution en aval peut atténuer certains effets toxiques, même pour les espèces se nourrissant par filtration. Les solides en suspension réduisent la pénétration de la lumière, ce qui a une influence sur le phytoplancton, la visibilité de la faune aquatique et parfois la viabilité des œufs de poisson. Les analyseurs de turbidité et de solides en suspension sont coûteux. La méthode de terrain la plus simple et la plus fiable est la détermination pondérale: un échantillon représentatif de l'eau est filtré dans un papier filtre prépesé qui est ensuite séché à l'étuve ou au soleil, puis repesé. Un disque de Secchi permet de déterminer la turbidité en donnant la profondeur de l'eau à laquelle il disparaît à la vue.

Limites Les eaux très chargées sont longues à filtrer sans une pompe à vide.

Procédure Aucune.

Données obtenues Les données sont représentées sous forme de graphes ou de tableaux (en ppm).

Période d'échantillonnage L'échantillonnage des eaux pour déterminer les solides en suspension s'effectue une à deux fois par mois.

Matériel Éprouvette graduée en plastique, entonnoir Hartley ou Buchner et flacon, papiers filtres et balance portable (si le laboratoire est trop loin).

Personnel requis 1.

La conductivité

La conductivité de l'eau n'est pas un paramètre qui varie beaucoup en conditions naturelles, sauf dans les estuaires et en cas d'intrusion saline dans des lacs. La concentration ionique des matières dissoutes dans l'eau est mesurée à l'aide d'une sonde, puis la conductivité est lue sur un instrument de mesure manuel. La mesure de la conductivité n'est pas très pertinente lors des évaluations des impacts de pesticides, sauf en cas d'intrusion saline dans les masses d'eau, ce qui perturbe la physiologie et la distribution de la faune.

Limites Aucune, les sondes sont solides et stables.

Procédure Aucune.

Données obtenues Conductivité en Siemens cm^{-1} (ou ohm^{-1}).

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures lors de l'échantillonnage des habitats aquatiques, particulièrement en cas d'intrusion saline.

Matériel Conductimètre et sonde.

Personnel requis 1.

La vitesse du courant

Le courant change en fonction de la saison, de la pente et des interventions humaines, tels les lâchers de barrage. La vitesse de l'eau influe fortement sur les transformations physico-chimiques, la composition des lits des cours d'eau (sable, limons) et la capacité des invertébrés à s'abriter, respirer et se nourrir. Les invertébrés aquatiques sont particulièrement sensibles aux pesticides et peuvent se laisser dériver en aval pour les éviter. Il est important de faire la distinction entre les modifications de la population due à pollution et celles dues à une variation du courant. Des débits variables ont une importance plus grande sur les populations benthiques que de faibles niveaux de contamination en pesticides. La mesure de débit permet également d'apparier les sites de suivi dans ou à proximité d'un cours d'eau.

Il existe 3 méthodes simples et largement utilisées:

- Chronométrage d'un objet flottant, souvent un fruit comme une orange, sur une distance connue. C'est une méthode rapide, répétable pour le calcul des moyennes et qui ne nécessite aucun équipement, à l'exception d'une montre et d'un objet flottant. L'objet doit être en majeure partie immergé, il est chronométré sur une distance raisonnable, ex: 10 à 20 m.
- Utilisation d'un tube de Gessner, mesurant le temps mis par l'eau pour gonfler un sac.
- Utilisation d'un débitmètre mécanique à hélice. C'est une méthode plus précise, elle est souvent utilisée pour déterminer les différences de vitesse en fonction de la profondeur (profil vertical). Ces systèmes permettent de mesurer les débits au travers des filets dérivants, mais ils doivent être adaptés à l'ouverture des filets.

Limites La technique de l'objet flottant est peu précise en raison des obstacles rencontrés dans le cours d'eau, du vent et des perturbations dues aux courants principaux et périphériques (l'objet suit sa propre route). Les tubes de Gessner ne sont pas toujours disponibles dans certains pays, mais ils peuvent être fabriqués facilement. Les débitmètres mécanique à hélice sont coûteux (1 500 dollars E-U).

Procédure Aucune.

Données obtenues Débit en $m\ s^{-1}$.

Période d'échantillonnage Effectuer les mesures lors de la pose de filets dérivants et vérifier les débits sur les sites d'échantillonnage toutes les 2 semaines, voire plus après la pluie ou si le cours d'eau s'assèche.

Matériel Chronomètre, chaîne d'arpenteur, objet flottant ou tube de Gessner.

Personnel requis 1.

La classification des substrats aquatiques

Les invertébrés aquatiques sont associés à des types de substrats précis. Certaines espèces préfèrent les fonds limoneux, d'autres les graviers ou les pierres. Le type de substrat détermine donc la distribution des invertébrés benthiques et, dans les études de suivi, il faut tester et apparier des sites de manière aussi précise que possible. En fonction du but recherché, les méthodes de classification des substrats peuvent être, soit longues, soit rapides. Pour le choix des stations d'échantillonnage, une analyse rapide, basée sur une estimation visuelle du pourcentage en pierres, cailloux, graviers, sable, limons, argile, végétation flottante ou enracinée, suffit. Apparier des sites d'échantillonnage peut s'avérer difficile sur les cours d'eaux étendus, car les sédiments se déposent quand la pente décroît, ainsi que dans les coudes. La vitesse du courant est étroitement liée au substrat, ce sont deux paramètres fondamentaux lors de la classification des sites. La méthode de classification la plus précise, qui utilise l'analyse granulométrique et les vitesses de sédimentation des limons et des argiles n'est pas pratique sur le terrain. La fiche méthodologique fournit une méthode plus générale de séparation des substrats. Un jeu de tamis et une chaîne d'arpenteur sont les seuls équipements nécessaires (Tableau 5.2).

Estimation du couvert végétal

L'importance de l'emplacement des sites d'échantillonnage terrestres lors des études comparatives de la faune est soulignée dans le présent ouvrage. Les estimations visuelles du couvert végétal aident à choisir les emplacements des stations d'échantillonnage, des lignes de pièges ou des transects de recensement. Lorsqu'ils parcourent des sites pouvant mesurer plusieurs centaines de kilomètres, les spécialistes de l'environnement ont mémorisé des types d'habitats (ou sont munis de photos numériques). Ils recherchent alors les similitudes en termes de biomasse, couvert végétal, hauteur et distribution en espèces et établissement des classifications rapides en estimant visuellement le couvert végétal, sur des petites parcelles, comme sur de vastes sites d'étude. Le test le plus probant démontrant si les sites sont correctement apparierés est la variation de la faune, mais l'efficacité de ce test est améliorée en utilisant les données de référence obtenues sur le couvert végétal.

La méthode de recensement la plus simple sur site est de classer les espèces de végétation selon différents critères: abondant, fréquent, occasionnel ou rare. La végétation dominante est souvent utilisée comme 5e critère de description de l'habitat (ex: bois à *miombo* ou prairie à *Cynodon*). Cette classification étant parfois sujette à de multiples interprétations, les observateurs doivent s'entendre sur des pourcentages précis.

Tableau 5.2 Types de substrats et tailles de particule associées

Nom	Classe de taille	Taille de tamis standard (États-Unis)
Argiles	<3,9 µm	
Limons	3,9 à 63 µm	
Sables fins	0,02 à 0,25 mm	120
Sables moyens	0,25 à 0,5 mm	60
Sables grossiers	0,5 à 1 mm	35
Graviers	2 à 16 mm	10 à 5
Cailloux	16 à 64 mm	
Pierres	64 à 256 mm	
Rochers	>256 mm	

L'échelle de Braun-Blanquet, par exemple, assigne des pourcentages aux différentes catégories. Une quantification plus détaillée peut être obtenue par la méthode des quadrats, mais à ce niveau d'obtention de données, il est plutôt conseillé de passer du temps à observer les populations d'animaux pour en estimer les similarités et l'abondance. Les méthodes d'échantillonnage par quadrat et d'étude de la végétation sont décrites dans l'ouvrage de Grieg-Smith (1983).

Limites L'interprétation subjective du couvert végétal peut parfois conduire à des données inexactes et non homogènes. Les erreurs dues aux opérateurs sont difficiles à quantifier, ainsi pour réduire les variations, il est recommandé qu'un seul individu ou qu'une seule équipe soit responsable de toute l'étude. Les données ainsi classées peuvent être utilisées pour un traitement statistique non paramétrique, mais elles sont peu discriminantes. Ces inconvénients sont compensés par la vitesse à laquelle s'effectue l'étude.

Procédure Classification de données.

Données obtenues Cartographie des zones visitées avec histogrammes ou représentations par secteurs du couvert végétal.

Période d'échantillonnage Une fois en général, au moment du choix des sites de suivi, mais l'analyse peut être répétée si la période d'enquête s'étale sur plusieurs saisons.

Personnel requis 2.

La texture du sol

L'évaluation de la texture du sol s'impose pour choisir des sites comparables lors des analyses suivantes: mesure des transformations microbiennes dans le sol, activité des invertébrés du sol, résidus de pesticides dans le sol, etc. Les méthodes de laboratoire ne sont pas applicables en zones éloignées, mais il est possible d'estimer la texture du sol au toucher. Cette méthode nécessite un peu de pratique, mais elle est précise et ne requiert qu'une pelle et de l'eau.

Limites La seule limite est le manque d'expérience qui peut être surmonté en appliquant cette technique sur des sols de composition minérale connue. Aucun équipement ni procédure ne sont nécessaires. Si un laboratoire peut effectuer les analyses granulométriques, la fiche méthodologique donne une classification des sols basée sur le pourcentage en sable, limon et argile.

Période d'échantillonnage Une fois en général, au moment du choix des sites.

Personnel requis 1.

L'humidité du sol

Les méthodes d'estimation sur le terrain de l'humidité du sol et de sa capacité de rétention d'eau sont plus sommaires que les techniques de laboratoire, mais elles sont suffisamment sensibles pour permettre la normalisation des expériences destinées à mesurer la nitrification ou la respiration. L'humidité est déterminée en pesant des échantillons de sol fraîchement creusés, puis en les repesant après séchage: la différence obtenue est exprimée en pourcentage de poids de sol sec.

Limites L'humidité du sol varie en fonction du type de sol (texture, teneur en matières minérales et organiques), du couvert végétal (ombrage et évapotranspiration) et des conditions météorologiques (heure, nébulosité, pluviométrie et vitesse du vent).

Procédure Aucune.

Données obtenues Pourcentage d'eau dans les sols (en poids sec).

Période d'échantillonnage Jusqu'à 12 h si le sol est séché au soleil.

Matériel Balance portable et tamis de 2 mm pour les déterminations sur le terrain, sacs de polythène et boîtes de Pétri.

Personnel requis 1.

La capacité de rétention d'eau du sol

La capacité de rétention d'eau permet d'estimer l'eau disponible pour la croissance des plantes. Il ne s'agit pas de la capacité sur le terrain qui est la quantité d'eau retenue par le sol après drainage naturel complet par la pesanteur. Pour l'estimation de la nitrification sur des échantillons de sol préparés (tamisés), la fiche méthodologique conseille la méthode 1. La méthode 2 de la fiche méthodologique est simple à effectuer et ne nécessite que du matériel de base.

Limites Il est rarement possible de sécher entièrement un échantillon au soleil, il est donc conseillé de vérifier l'humidité en passant quelques échantillons à l'étuve au laboratoire. Les mesures quantitatives de la capacité sur le terrain nécessitent des techniques de laboratoire de base.

Données obtenues Poids ou pourcentage d'eau.

Période d'échantillonnage 1 jour suffit.

Matériel Balance ou balance portable (sur le terrain) et papiers filtres.

Personnel requis 1.

LES APPAREILS D'ENREGISTREMENT

Les enregistreurs automatiques de données ont révolutionné le suivi des paramètres environnementaux. Ils sont devenus maniables (portables), fiables et souples: leurs capacités de stockage et leurs possibilités de branchement se sont améliorées et les données sont téléchargées en temps réel. Ils restent cependant coûteux et attirent la convoitise des voleurs car ils doivent souvent être laissés dans des endroits éloignés pendant de longues périodes. Les enregistreurs manuels, même de petite taille, ont une capacité de stockage de centaines de données et offrent de nombreuses fonctions permettant la programmation de sondes de température, d'oxygène, de conductivité, de pH et d'humidité. Les enregistreurs automatiques de données sont idéaux pour les suivis météorologiques à long terme, même si le risque de perte de données augmente. Cet inconvénient est supprimé si le téléchargement régulier des données est possible lors de fréquentes visites ou via une ligne téléphonique. La contrainte majeure d'une utilisation à distance est la durée des batteries.

Limites Coût et risque de dommages ou de vol si l'appareil est laissé sans surveillance.

Procédure Simple, nombreuses fonctions de programmations et de calculs statistiques.

RÉFÉRENCES

GRIEG-SMITH, P. (1983) *Quantitative Plant Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

POUR EN SAVOIR PLUS

DOBERSKI, J. and BRODIE, I. (1991) *Techniques in Ecology and Environmental Science. Set A, Terrestrial Organisms and Habitats. Set B, Aquatic Organisms and Habitats, Data Collection and Analysis*. Cambridge: Daniels Publishing.

SUTHERLAND, W.J. (1996) *Ecological Census Techniques: A Handbook*. Cambridge: Cambridge University Press.