



Les cours d'eau temporaires provençaux

Fonctionnement, classification et sensibilités.



Mai 2011

Rapport définitif

Remerciements

La Maison Régionale de l'Eau adresse ses plus vifs remerciements aux équipes de l'ONEMA de la région PACA qui ont gracieusement participé à la cartographie des cours d'eau temporaires de la région.

Elle tient également à exprimer sa profonde gratitude à Bernard Dumont de l'Unité de Recherche Hydrobiologie du Cemagref d'Aix en Provence.

Sommaire

1	Introduction :	7
2	Définition(s) d'un cours d'eau temporaire	8
3	Fonctionnement hydrologique et physico-chimique d'un cours d'eau temporaire	9
4	Cycle annuel des communautés animales et végétales dans un cours d'eau temporaire	12
4.1	Remarques préalables sur l'importance des facteurs thermique et hydraulique sur la biocénose des eaux courantes	12
4.2	Les invertébrés aquatiques dans les cours d'eau temporaires.....	14
4.2.1	Généralités sur le peuplement	14
4.2.2	L'évolution du peuplement d'invertébrés aquatiques au cours du cycle hydrologique.....	15
4.2.3	Originalités du peuplement faunistique	18
4.3	La faune piscicole	23
5	Cours d'eau temporaires dans la région Provence Alpes Côte d'Azur	24
5.1	Caractérisation des étiages estivaux	24
5.2	Caractérisation des cours d'eau temporaires.....	26
5.2.1	Répartition régionale et départementale (voir carte 2)	26
5.2.2	Répartition des cours d'eau temporaires par hydroécocoréion (HER)	29
5.2.3	Cours d'eau temporaires ou tronçons temporaires ?	35
6	Essai de typologie des milieux lotiques temporaires provençaux	37
6.1	Fiches par type	51
6.2	Importance des connexions	63
7	Fragilité des milieux lotiques temporaires et perspectives de gestion	67
7.1	Le maintien des zones refuges	67
7.2	Le maintien des connexions	68
8	Recommandations pour les prélèvements d'invertébrés dans les milieux lotiques temporaires	70
9	Conclusion	71

1 Introduction :

Culturellement, les cours d'eau qui s'assèchent, notamment en été, sont perçus de manière souvent négative. L'absence d'écoulement empêche de les considérer comme un véritable cours d'eau, puisque l'élément essentiel y est absent. Pourtant, une observation plus minutieuse indique que dans ce milieu, la vie n'est pas totalement absente.

Plusieurs études réalisées dans les années 1970 en Provence ou au Maghreb, ont révélé l'originalité du peuplement benthique des cours d'eau temporaires. Ils sont en effet le milieu de vie d'une faune particulière, principalement des invertébrés aquatiques, qui a développé des stratégies adaptatives lui permettant de survivre à ces conditions de vie extrêmes (alternance d'assecs et de crues). Certaines espèces sont endémiques de ces cours d'eau et retrouvées uniquement dans ce type de milieu. **Dans la région PACA, les cours d'eau temporaires participent donc à la diversité biologique générale.**

Ces milieux, dont l'existence dépend à la fois d'un déficit hydrique et d'une phase inondée suffisamment longue, sont extrêmement vulnérables aux modifications hydrologiques. Dans une région où les besoins en eau sont croissants, et face aux menaces imminentes engendrées par les changements climatiques globaux, ces milieux sont plus que jamais vulnérables.

Les gestionnaires des milieux aquatiques ayant pris conscience de leur intérêt patrimonial, ont développé une réflexion sur la prise en compte de ces cours d'eau dans le contexte de la mise en place du SDAGE et des objectifs de la DCE. Les cours d'eau temporaires font donc aujourd'hui l'objet d'une attention particulière de la part des acteurs de gestion (Agence de l'Eau), principalement dans la région méditerranéenne où les spécificités climatiques (sévérité et récurrence de la sécheresse estivale) les rendraient plus nombreux qu'ailleurs en France.

Dans un premier chapitre, nous présentons les cours d'eau temporaires tels qu'ils sont compris d'un point de vue hydrologique, chimique et écologique. Nous restons tout d'abord volontairement généralistes et théoriques pour, dans une seconde partie, détailler à l'échelle de la région PACA les différentes nuances qui peuvent être émises. ***La description des milieux temporaires régionaux s'applique ici lors d'années hydrologiques moyennes, et non exceptionnelles.***

Bien que les peuplements piscicoles fassent l'objet d'un chapitre à part, la faune des cours d'eau temporaires a surtout été étudiée, en France, au travers des invertébrés benthiques. Ces derniers ont mis en place des stratégies de résistance à l'assec qui rendent les peuplements marqués par cette originalité. Leur écologie est donc particulièrement développée dans ce rapport.

2 Définition(s) d'un cours d'eau temporaire

Le caractère temporaire d'un cours d'eau est conditionné par un déficit hydrique suffisamment important pour stopper totalement son écoulement pendant une période donnée. La littérature stipule que ce déficit hydrique est avant tout dépendant du **climat**, qui conditionne le régime des précipitations dans leur intensité et leur durée. Mais, il est aussi lié à la **nature géologique** du bassin versant, qui elle, conditionne la mise en réserve des eaux. On comprend donc qu'il existe à l'échelle planétaire une multitude de types de cours d'eau temporaires, le climat et la géologie étant variables d'une région à l'autre (Humphries *et al*, 2003).

Légier (1979) reprend une définition de l'expression *cours d'eau* : d'un point de vue géomorphologique, elle est exclusivement appliquée à un cours canalisé. **Un cours d'eau temporaire présente donc un lit canalisé, subissant un assèchement durant son cycle hydrologique.** Cette période, appelée aussi assec, peut être partielle sur une portion du cours d'eau, ou totale sur l'ensemble du linéaire (Angelier, 2000).

Légier (1973) distingue en fonction de la durée de l'assec, deux types de cours d'eau temporaires :

- le cours d'eau *intermittent*, caractérisé par une période d'inondation de plusieurs mois
- le cours d'eau *éphémère*, caractérisé par une période d'inondation très brève, de plusieurs jours à quelques semaines par an.

Le caractère irrégulier et imprévisible des précipitations d'une année sur l'autre, rend la limite entre ces deux définitions parfois floue. Pour les mêmes raisons, la différence entre un cours d'eau temporaire et permanent est mince. L'assèchement peut, les années très sèches, toucher des cours d'eau permanents, et à l'inverse, les ruisseaux dits temporaires, peuvent présenter un écoulement permanent quand les précipitations ont été suffisantes. La définition des cours d'eau temporaires, du point de vue de l'hydrologue, apparaît donc fragile, puisqu'elle est dépendante avant tout des *aléas climatiques*.

► La définition des cours d'eau temporaires stipule qu'ils subissent au cours de leur cycle un assèchement complet ou partiel de leur lit. Cet assèchement est directement dépendant de l'approvisionnement en eau, lui-même dépendant du régime des précipitations et de la nature géologique du bassin versant. En premier lieu, la dépendance au climat conditionne le caractère aléatoire de l'assèchement du lit. Pour que l'assèchement ou la mise en eau soient réguliers, le régime des précipitations doit également être régulier. **On comprend donc que dans les régions où la sécheresse estivale est inscrite comme une constante climatique (exemple de la région méditerranéenne), l'assèchement de certains cours d'eau suit une fréquence régulière (Gasith and Resh, 1999)).**

Mais, si l'assec peut être prévisible, sa durée reste aléatoire. Nous limiterons cette étude aux cours d'eau dont l'assèchement est régulier, intervenant **plus de huit années sur dix**, et dont l'écoulement est continu pendant une période excédant au **minimum six mois** dans l'année. Cette distinction, bien qu'arbitraire, permet d'écarter les milieux dits « éphémères », qui d'un point de vue écologique, sont extrêmement pauvres et n'hébergent des espèces qu'à cycle biologique très court, non spécialisées. Elle permet aussi d'exclure les cours d'eau permanents s'asséchant de manière irrégulière, lors d'année exceptionnellement sèche.

3 Fonctionnement hydrologique et thermique d'un cours d'eau temporaire

Dans les régions méditerranéennes, la saison estivale est caractérisée par un déficit hydrique très marqué et des températures élevées. La pénurie en eau et l'évaporation intense liée aux fortes températures, se traduisent par une réduction de l'écoulement pouvant aller jusqu'à son arrêt et à l'assèchement du lit sur une période plus ou moins longue.

Le cycle hydrologique des cours d'eau temporaires comporte **quatre phases** (Légier, 1979), qui peuvent en général se décrire de la manière suivante :

1. La phase « d'exondation ou de tarissement » :

Le débit et le courant diminuent progressivement jusqu'à l'arrêt de l'écoulement superficiel, corrélativement à l'augmentation saisonnière des températures. Seules les dépressions et anciennes zones lentes restent en eau. Ces flaques résiduelles vont se comporter comme des milieux d'eau stagnante. Elles peuvent évoluer vers des états dystrophiques dont la rapidité d'évolution dépend des conditions extérieures et du lien avec le sous-écoulement. Les paramètres abiotiques sont souvent très instables. Les températures de l'eau sont, durant cette période, étroitement liées aux températures extérieures. Les amplitudes thermiques sont importantes, avec des valeurs maximales pouvant dépasser les 30 °C. La diminution du courant, les fortes températures et l'intensité lumineuse, sont souvent à l'origine d'un développement de diatomées benthiques et d'algues filamenteuses. Cette prolifération végétale, la température et l'arrêt de l'écoulement vont fortement influencer la teneur en oxygène dissous du milieu. Dans les flaques larges et peu profondes, des sursaturations peuvent avoir lieu dans la journée sous l'effet de la photosynthèse (jusqu'à 150 %). La nuit, la consommation de l'oxygène par les organismes vivants, entraîne au contraire un déficit important. Dans les cuves profondes et les fissures étroites, où la faible intensité lumineuse limite les développements de producteurs primaires, l'oxygène dissous du milieu va être consommé jusqu'à ce que le milieu présente un déficit poussé. Selon les cours d'eau, la présence d'une ripisylve dense et l'influence des réseaux souterrains, peuvent retarder l'assèchement du cours d'eau.



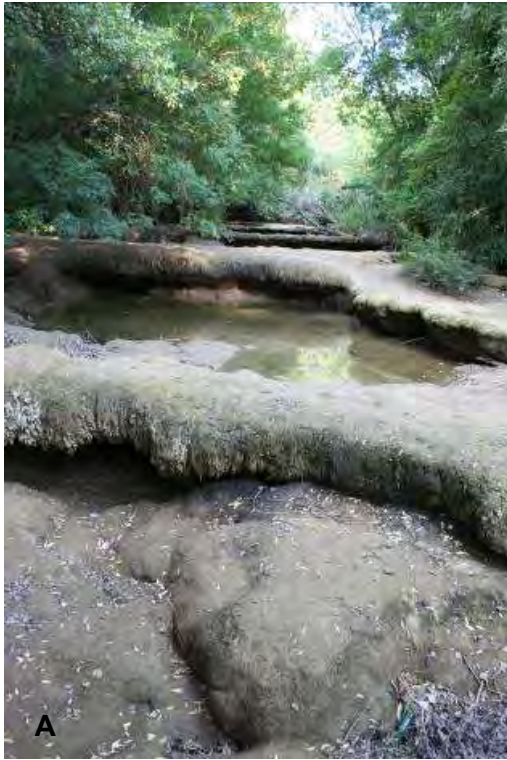
Photo 1 :

A : Cours d'eau temporaires des Maures en phase d'exondation. Premier plan : tronçon isolé en cours d'eutrophisation.

B : Développement végétal intense dans une mouille isolée.



2. **La phase « exondée »** : Le chenal est, dans sa plus grande longueur, totalement sec. La durée de l'assec dépend du climat et de la nature des terrains traversés. Il peut, dans certains cas, persister quelques flaques d'eau. Un sous écoulement est également possible. La présence de pièces d'eau permanentes et la persistance d'un écoulement hyporhéique peuvent avoir une importance considérable pour les organismes aquatiques, comme nous le verrons plus loin.



Photos 2 :

A : Lit asséché d'un tronçon temporaire en Provence calcaire. A noter l'encroustement important du substrat; B : Lit asséché d'un tronçon temporaire en Provence cristalline.

3. **La phase d' « inondation » :**

Elle débute après les précipitations d'automne et conduit à la remise en eau du ruisseau. La durée de cette phase varie suivant la perméabilité du substrat. La vitesse de remise en eau dépend aussi du mode d'alimentation du cours d'eau. Lorsque le remplissage est dû à une remontée de la nappe au travers d'un substrat perméable, la vitesse est faible. Par contre dans les ruisseaux s'écoulant sur un substrat imperméable, la remontée peut être soudaine et le courant rapidement fort.

4. **La phase « inondée » :**

Elle se situe souvent en hiver et correspond à la période des hautes eaux. Les conditions physiques et chimiques du milieu sont alors voisines de celles relevées dans les milieux pérennes avec une oxygénation du système. La durée de la période inondée dépend des précipitations, du niveau de la nappe et de la perméabilité du substrat.



Photo 3 : Cours d'eau temporaire des Campaux (Massif des Maures) lors de la phase inondée, en janvier 2009

4 Cycle annuel des communautés animales et végétales dans un cours d'eau temporaire

4.1 Remarques préalables sur l'importance des facteurs thermique et hydraulique sur la biocénose des eaux courantes

Pour mieux comprendre la façon dont évoluent les biocénoses des cours d'eau temporaires lors de l'assèchement de leur milieu, il est opportun de rappeler certaines notions d'écologie des eaux courantes.

La vitesse du courant et la température sont unanimement considérées comme les deux **facteurs écologiques essentiels**, régissant la présence des organismes aquatiques dans les cours d'eau.

Le **régime thermique** est fonction de nombreux paramètres tels que la latitude, l'altitude, la saison, l'insolation. La température de la source, la distance parcourue depuis celle-ci et le temps de renouvellement de l'eau lié au débit et à la pente sont également des données importantes à prendre en compte (Angelier, 2000).

La température structure les peuplements, car c'est le régulateur essentiel de l'activité cellulaire, qui est comprise entre un seuil minimal et maximal. Entre ce champ de variations viable pour l'organisme, se trouve la température maximale d'activité. Entre l'optimum et la limite supérieure, l'activité diminue rapidement et le seuil supérieur est souvent létal. Par contre, la baisse de l'activité se fait plus progressivement entre l'optimum et le seuil minimal. **Les organismes sont donc plus sensibles aux augmentations de température qu'aux diminutions.**

La température influence également la durée des cycles biologiques. Pour une même espèce, le développement est plus rapide à basse altitude qu'en haute altitude, où la température est plus faible.

La température maximale d'activité varie selon les espèces respectivement en fonction de leur préférendum thermique et de l'amplitude maximale acceptée. Wannote et Sweeney en 1980, proposent un modèle « d'équilibre thermique » basé sur le postulat que chaque espèce nécessite pour son développement optimal, une quantité constante d'énergie thermique correspondant à son « maximum éco-physiologique ». Ils stipulent que ce facteur thermique aurait une influence sur la répartition des organismes, aussi bien selon un gradient altitudinale le long d'un réseau, que selon la position latitudinale d'un système. En effet, pour une même espèce, l'optimum thermique va descendre en aval au fur et à mesure que l'on se place à des latitudes supérieures.

La température conditionne aussi la solubilité des gaz et notamment celle de l'oxygène, paramètre biologique essentiel. Plus elle est basse, plus leur solubilité, et donc leur concentration dans le milieu aquatique, augmente. Cependant, comme nous le verrons par la suite, le facteur thermique n'est pas le seul à conditionner le **taux d'oxygène dissous** disponible pour les organismes.

Le courant est dépendant de la géomorphologie du bassin versant (relief, pente) et du régime hydrologique. Il structure les communautés par son action érosive, de transport et de redistribution des organismes, poussant ces derniers à développer des stratégies de lutttes contre l'entraînement et/ou à se confiner dans des abris. Lors de leur activité, les invertébrés s'exposent à la dérive. Celle-ci est sélective pour les espèces les moins adaptées. Cette perte est compensée par le comportement des adultes qui remontent vers l'amont pour pondre. Les poissons, présentent quant à eux, une vitesse-limite de nage contre le courant.

Etant donné que les zones lotiques diminuent en théorie vers l'aval, en relation avec l'atténuation de la pente, cette caractéristique est une des causes parmi d'autres (température, oxygène) de la succession amont-aval des poissons, sur laquelle est basée la zonation de HUET (1949). La truite qui a, par exemple, une vitesse de nage élevée, colonise le cours supérieur. Par contre des espèces comme la carpe, la tanche, la brème, ou le brochet colonisent le cours inférieur et les zones calmes, car leur faible vitesse-limite de nage ne leur permet pas de résister au courant.

La force hydraulique est aussi l'organisateur du substrat (érosion, transport, redistribution des matériaux) et donc des habitats.

Enfin, le courant est l'agent de transport des substances dissoutes. Les flux d'énergie et nutriments dans ces systèmes lotiques suivent de ce fait un gradient horizontal. Alors qu'ils sont structurants pour les écosystèmes lacustres, car tout ce qui est produit reste dans le système, leur rôle est moins important dans la régulation des communautés d'écosystèmes lotiques. **Les écosystèmes d'eaux courantes n'ont pas comme base la transformation d'énergie lumineuse en matière organique, mais l'utilisation de la matière organique exogène, dont le temps de transit est fonction du courant.** Dans le cours supérieur, le fonctionnement de l'écosystème est surtout basé sur la biodégradation des matériaux organiques provenant du bassin versant par des organismes détritvires, des champignons et des bactéries.



Photo 4 : Cours d'eau temporaire de la Plaine des Maures (Var)

4.2 Les invertébrés aquatiques dans les cours d'eau temporaires

4.2.1 Généralités sur le peuplement

Le peuplement d'invertébrés benthiques des cours d'eau temporaires est majoritairement composé d'espèces euryèces¹ peuplant les cours d'eau permanents (Giudicelli, 1999). Bouzidi (1983) indique que les cours d'eau temporaires de Provence « *occupent une position intermédiaire entre les milieux lotiques et les milieux lénitiques* ». Leur peuplement est majoritairement composé d'espèces colonisant habituellement le bas des rivières, les zones calmes des ruisseaux ou les eaux stagnantes. Mais il présente aussi des espèces rhéophiles, continuellement à la recherche d'un habitat optimal qui est temporaire.

Plusieurs auteurs spécifient que les cours d'eau temporaires méridionaux présentent une communauté de Plécoptères originale. Aubert en 1963, identifie dans le sud de l'Espagne et en Afrique du Nord, une association spécifique de Plécoptères dans ce type de milieu. Elle a été retrouvée de manière plus réduite dans le sud-est de la France. Les Coléoptères sont également un groupe bien diversifié dans les ruisseaux temporaires (Bouzidi, Légier & Cazaubon, 1984).

Plécoptères typiques des cours d'eau temporaires

En Espagne et dans le Sud de la France, il est observé dans les cours d'eau temporaires une association typique de Plécoptères. Ces espèces appartiennent essentiellement aux familles des **Capniidae** et des **Taeniopterygidae**. Les contraintes inhérentes aux milieux temporaires limitent les concurrents et favorisent les espèces présentant des formes de résistance à l'assec. Les espèces comme *Capnia bifrons*, *Capnioneura mitis* ou *Brachyptera risi* rentrent en quiescence larvaire lors de la phase exondée, enfouies dans les sédiments humides.



Photo 5 : *Capnia bifrons* (Capniidae), une espèce adaptée au cours d'eau temporaire

L'étude de ces milieux particuliers a mis en évidence l'importance de deux facteurs principaux dans la structuration des peuplements qui sont **la durée de la phase lotique** et la **nature du substrat**. Ce dernier agit en effet sur l'intensité de l'assec.

Légier et Talin (1973), dans leur étude comparant des ruisseaux permanents et temporaires de la Provence calcaire, indiquent que plus la phase inondée est longue plus le peuplement de la station se rapproche d'un peuplement de milieu permanent.

Les écosystèmes temporaires sont des écosystèmes perpétuellement jeunes, sans cesse renouvelés. Un écosystème évolue très souvent vers un état climacique (phase de stabilité) jusqu'à l'apparition d'un événement catastrophique qui rajeunit le système à l'image des incendies de forêt. Dans un cours d'eau permanent, cet événement est le plus souvent les crues. Pour les cours d'eau temporaires, l'action de l'assèchement du lit s'ajoute à celles des crues.

¹ Peut supporter d'importantes variations vis-à-vis de facteurs écologiques

4.2.2 L'évolution du peuplement d'invertébrés aquatiques au cours du cycle hydrologique

Au cours du cycle hydrologique des cours d'eau temporaires, tel que décrit précédemment, le peuplement en invertébrés aquatiques évolue de la manière suivante :

▪ Phase d'exondation

La phase d'exondation ou de tarissement est caractérisée par la rapidité d'évolution de la composition du peuplement. La biocénose rhéophile¹ disparaît pour laisser place à un peuplement plus caractéristique des milieux d'eau calme. Les émergences d'insectes augmentent, en commençant par les taxons les plus rhéophiles. Les crustacés adaptés aux milieux temporaires se développent.

Au fur et à mesure de l'exondation, les organismes qui n'ont pas terminé leur cycle biologique, vont se concentrer dans les dernières dépressions encore inondées (Legier et Terzian, 1981). Dans ces milieux stagnants, les variations extrêmes des facteurs abiotiques et notamment les fortes températures, vont accroître le taux de mortalité des espèces initialement présentes. En parallèle, le nombre d'espèces prédatrices augmente, la prédation étant facilitée par l'isolement et la concentration des espèces dans les flaques résiduelles. Les relations de compétition interspécifiques vont s'accroître avec la diminution progressive du niveau d'eau. Quand l'exondation touche à sa fin, un bon nombre d'organismes est éliminé par la prédation de la faune ripicole terrestre (reptiles, oiseaux, amphibiens, insectes...). La diversité diminue alors tandis que certaines espèces vont se réfugier sous les pierres et sous les débris végétaux, où le taux d'humidité est encore conséquent (Légier et Terzian, 1981).



Photo 6 : *Notonecta glauca* (Notonecte). Cette espèce d'eau calme se développe rapidement dans les mouilles résiduelles, exerçant une intense activité de prédation

¹ Rhéophile : qui aime le courant

▪ Phase exondée

L'absence d'eau constitue une phase de latence pour les organismes aquatiques. Les invertébrés qui ont développé un mécanisme de résistance à l'assec sont toujours présents dans le milieu. Le type de substrat a ici toute son importance pour leur maintien. Si le substrat est meuble, certaines espèces qui en ont la capacité (petite taille, corps mou...), vont s'enfoncer dans le milieu hyporhéique en suivant la descente de la nappe, où ils resteront soit actifs soit sous des formes de résistance (sécrétion d'un mucus, vie ralentie...). Lorsque le substrat est rocheux ou imperméable, seuls les individus supportant la dessiccation pourront résister.

Bouraïma (1974) dans sa thèse relative à l'étude de deux ruisseaux de la « Provence calcaire », illustre cette différence. Il montre qu'un cours d'eau qui garde un fond humide pendant la période sèche est plus diversifié qu'un cours d'eau qui s'assèche complètement, avec la présence d'espèces à cycles biologiques supérieurs au cycle hydrologique. Dans tous les cas, les organismes les moins adaptés à la phase exondée vont migrer vers des zones plus favorables ou disparaître.

Photo 7 : Cours d'eau temporaires des Maures en cours d'exondation, le Real Collobrier



▪ Phase d'inondation et phase inondée

La phase d'inondation correspond aussi à la recolonisation du milieu par les organismes aquatiques. Lors de la remise en eau, elle s'effectue à partir d'organismes dérivant de collections d'eaux permanentes ou migrants par voie aérienne (pontes d'insectes). **Légier souligne d'ailleurs dans sa thèse (1979), la dépendance des ruisseaux temporaires vis-à-vis des milieux permanents voisins.**

La recolonisation se fait également par la remontée des individus restés actifs dans la nappe et à partir des individus capables de résister à l'assec (Légier & Terzian, 1981).

D'après plusieurs auteurs (Abell, 1956 ; Harrison, 1966), le début de la colonisation est dominé par des espèces à biocycle court. Puis dans la phase hivernale et printanière, les communautés deviennent plus complexes et le peuplement est peu différent de celui d'un cours d'eau permanent (Harrison, 1958, 1966 ; Clifford, 1966 ; Angelier, 2000). Le peuplement est souvent originale dans sa composition à cause de la sélection des espèces adaptées à l'assèchement du lit. Au cours de la phase inondée, la faune aquatique réalise son développement. La fin du cycle hydrologique est marquée par l'augmentation du nombre d'espèces prédatrices (Abell, 1956).



Photo 8 : Cours d'eau temporaires en phase inondée (Vallon de La Garde, avril 2010), présentant un peuplement rhéophile

4.2.3 Originalités du peuplement faunistique des cours d'eau temporaires

- **Sélection d'espèces à cycle biologique court**

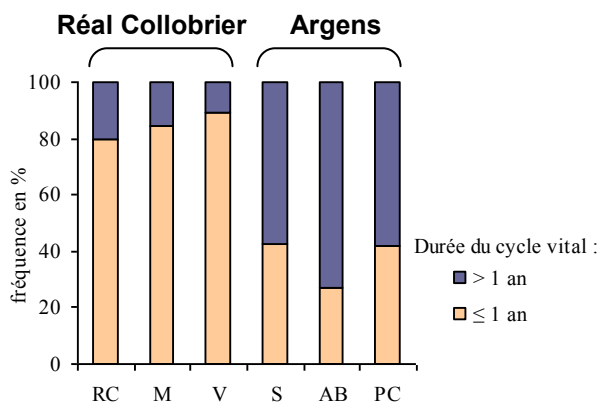
L'assèchement du milieu durant la période estivale élimine les espèces dont le cycle biologique est supérieur à un an, lorsqu'elles ne peuvent pas trouver refuge dans le sous-écoulement ou les refuges d'eau permanents, ainsi que celles dont l'émergence se situe en été ou à l'automne. Ainsi, parmi les Plécoptères, les Perlidae sont régulièrement absents des milieux où l'assec superficiel est total, du fait d'un cycle vital supérieur à un an (Légier et al, 1973 ; Bouzidi et al, 1984).

En revanche, plusieurs auteurs indiquent que les cours d'eau temporaires méridionaux présentent une communauté de Plécoptères spécifiques de ce type de milieu (Aubert, 1963). Plusieurs de ces espèces présentent un cycle annuel qu'elles réalisent en rentrant en diapause (stade œuf ou larve) lors de la saison sèche.

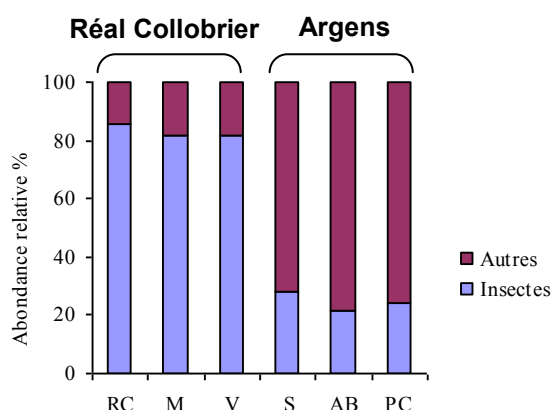


Photo 9 : Les espèces restant en permanence dans le milieu aquatique (exemple des Crustacés Gammaridae) ne supportent pas un assec prolongé de leur milieu.

La dominance des insectes dans les milieux temporaires s'explique par la synchronisation de leur cycle biologique avec le cycle hydrologique. De plus, la présence d'un stade aérien les favorise par rapport aux espèces vivant en permanence dans le milieu aquatique sans capacité de résistance, à l'instar des espèces holobiotiques¹ (Crustacés *Gammarus sp*, Mollusques, Turbellariés). Comme il est indiqué sur les graphiques présentés ci-dessous, le pourcentage d'insectes (stades adultes aériens) récoltés dans plusieurs cours d'eau temporaires du massif des Maures est proche de 80 % (Bouzidi et al, 1984 ; Bernat, 2004).



Distribution des fréquences pour le trait « durée du cycle vital », dans 3 stations d'un cours d'eau temporaires (Réal Collobrier) et dans 3 stations d'un cours d'eau permanent (l'Argens)



Abondance relative des insectes et des autres classes d'invertébrés, dans 3 stations d'un cours d'eau temporaire (Réal Collobrier) et dans 3 stations d'un cours d'eau permanent (l'Argens)

¹ Holobiotique : ce dit d'une espèce qui accomplit tout son cycle dans un même milieu

▪ Sélection d'espèces d'eaux calmes

Les études réalisées sur les cours d'eau temporaires révèlent les caractéristiques communes du peuplement entomologique. Les espèces d'insectes vivant dans ces milieux sont en majorité des espèces d'eaux calmes, habituellement retrouvées dans la partie basse des rivières (potamal) ou les zones lenticques du rhithral (Bouzidi, 1984).

D'après Légier (1979), les groupes faunistiques rhéophiles sont en général faiblement représentés. Ainsi les invertébrés les plus diversifiés, en comparaison avec les cours d'eau permanents, sont les Coléoptères comme les Dytiscidae (30 % de la richesse spécifique (Bouzidi, 1983, Légier, 1979)), les Diptères Chironomidae, les Hétéroptères (Notonecte et Nèpe), les Odonates et certains Ephéméroptères (*Habrophlebia* sp). Quand la phase lotique est suffisamment longue, le peuplement comprend aussi des espèces vivant dans les milieux rapides comme le Plécoptères *Isoperla grammatica*.

▪ Quiescence et diapause

Une part originale du peuplement des cours d'eau temporaires est constituée d'espèces présentant des mécanismes de résistance leur permettant de survivre à la phase d'assec.

Certaines rentrent *en état de vie ralentie*. Cette quiescence intervient :

- au stade œuf pour le Plécoptère *Nemoura cinerea* et divers Diptères Chironomidae et Culicidae. Le premier est une espèce ubiquiste retrouvée également dans les cours d'eau permanents. L'arrêt du développement est constaté uniquement dans les milieux temporaires ;
- au stade larvaire pour certains Crustacés Copépodes, Ostracodes, les Plécoptères Capniidae, Taeniopterygidae et certains Diptères Ceratopogonidae. Chez le Plécoptère *Capnia bifrons*, la diapause larvaire est provoquée par l'élévation de la température de l'eau. Elle n'est pas obligatoire et certaines populations qui vivent dans les cours d'eau froids permanents n'y ont pas recours.
- au stade adulte pour le Mollusque *Ancylus fluviatilis*, les Coléoptères et Hétéroptères des milieux temporaires. Les Trichoptères Limnephilidae des genres *Mesophylax*, *Stenophylax* et *Micropterna* habitent les cours d'eau temporaires à l'état de larves et de nymphes. Ils passent la saison sèche à l'état d'adultes, dans des grottes où les femelles, après l'accouplement, subissent un état de diapause ovarienne. La ponte, qui a lieu en automne, peut se faire avant la remise en eau du lit, les œufs pouvant rester plusieurs jours hors du milieu aquatique (Légier, 1979).

A noter que contrairement aux milieux temporaires stagnants, il n'existe pas d'espèces animales *strictement* inféodées aux cours d'eau temporaires et il n'y a donc pas de diapause obligatoire comme pour certains Crustacés des mares temporaires (Légier, 1979).

Ces adaptations physiologiques ou comportementales sont d'autant plus efficaces pour l'espèce concernée, qu'il demeure dans le milieu une humidité résiduelle suffisante.

▪ Migration dans le sous-écoulement

D'autres invertébrés maintiennent une activité ralentie au niveau de la nappe souterraine, qu'ils suivent au fur et à mesure de l'exondation (Coléoptère *Oulimnius rivularis*, Ephéméroptère *Habrophlebia* sp ...).

Ces mécanismes de résistance sont souvent en étroite relation avec le degré d'humidité résiduel. En effet, la nature et la texture du substrat conditionnent en partie la durée de l'assec et la sévérité de l'exondation (Bouzidi, 1983).

La présence d'une nappe phréatique peu profonde pendant la phase exondée et son élévation lente lors de phase d'inondation conduisent à l'établissement d'une biocénose plus riche que dans les ruisseaux temporaires qui s'assèchent totalement.

▪ Endémisme dans les cours d'eau temporaires

Les cours d'eau temporaires de la région méditerranéenne présentent en Europe un haut taux d'endémisme, aussi bien pour les invertébrés aquatiques que pour les poissons (Gasith et Resh, 1999).

En Espagne, des études menées dans les cours d'eau temporaires ont révélé la présence d'espèces à localisation restreinte comme les Plécoptères *Rhabdiopteryx christinae* et *Capnioneura petitpierreae*.

D'Italie, on peut citer *Tinodes antonioi* (Trichoptères Psychomiidae), qui a, en premier lieu, été découverte dans un petit cours d'eau temporaire d'Ombrie. Cette espèce a depuis été recensée en France, dans des ruisseaux des Alpes Maritimes et du Var.

Dans les cours d'eau temporaires de Provence, l'existence de deux espèces endémiques est à signaler : le Trichoptère de la famille des Philopotamidae, *Wormaldia langohri* (Giudicelli, 2002), et le Plécoptère de la famille de Taeniopterygidae, *Rhabdiopteryx thienniemani* (Dumont, 1984). La première a été découverte en 2001 dans le Massif des Maures et de l'Estérel (ruisseau de la Nible, affluent de l'Aille, et ruisseau de Valbonnette, tributaire de l'Agay). Depuis, d'autres observations ont été faites dans le Massif des Maures (Real Collobrier, Giscle). Les larves se développent durant l'hiver et le printemps. Les adultes sont visibles au mois d'avril et mai. Le stade de résistance qui est inconnu pourrait être les œufs ou les jeunes stades larvaires. Le Plécoptère *Rhabdiopteryx thienniemani* a été décrit pour la première fois en Espagne dans la région de Madrid (Illies, 1957). Elle a été découverte pour la première fois en France, en 1978 (Dumont, 1983). Les adultes s'accouplent en hiver (janvier, février). Les larves résistent à l'assec en rentrant en diapause et en se réfugiant dans les sédiments humidifiés par la présence d'une nappe. Sa répartition en France est, dans l'état actuel de nos connaissances, strictement confinée au bassin versant de la Giscle, dans le massif des Maures.

▪ Influence de la géologie sur le peuplement invertébré

Dans les cours d'eau s'écoulant sur substrat cristallin (Massifs des Maures, Estérel), l'imperméabilité du substratum limite l'existence de réserves souterraines importantes. Leur hydrologie est donc directement liée aux régimes des précipitations. Cependant, quand les dépôts alluvionnaires sont importants, la nappe alluviale peut jouer un rôle important en retardant l'assèchement complet et en limitant le réchauffement de l'eau. Ainsi, le peuplement du Réal Collobrier, cours d'eau temporaire du Massif des Maures, comprend une espèce de Plécoptère habituellement retrouvée dans les cours d'eau d'altitude plus élevée, *Siphonoperla torrentium*. La présence d'une telle espèce dans ce type de milieu serait à relier à la présence d'une nappe alluviale maintenant par ces apports une température relativement stable et fraîche.

Dans les régions calcaires, la perméabilité des massifs permet l'existence de réserves en eau, qui soutiennent plus ou moins le débit en fonction de leur importance. Si le débit d'étiage est suffisant, le cours d'eau est permanent. Sinon, il est temporaire sur un linéaire plus ou moins étendu en fonction de l'importance des réserves en eau. L'existence de secteurs permanents permet le maintien de zones refuges pour la faune. Ces réservoirs biologiques ont toute leur importance lors de la recolonisation du milieu en automne et influe sur la richesse spécifique de ces cours d'eau.

Photo 10 : Plécoptère *Siphonoperla torrentium* adulte. Les larves de cette espèce sont habituellement retrouvées dans les cours d'eau à température fraîche. Elle est recensée dans certains cours d'eau temporaires des Maures influencés par une nappe résiduelle.



4.3 La faune piscicole

En France, et comme pour les invertébrés benthiques, les espèces pouvant se maintenir dans les milieux à assèchement temporaire sont des espèces résistantes à forte valence écologique. Dans certains cas extrêmes et hors du territoire national, certains poissons, notamment des espèces tropicales, se sont adaptés au régime temporaire par une plasticité plus importante. PAUGY en 1994 parle « *d'espèces généralistes et opportunistes capables d'adapter leur régime aux ressources alimentaires disponibles* ».

Quel que soit le régime, la présence des espèces en France est avant tout liée à l'histoire biogéographique. Dans un second temps, certaines espèces sont capables de résister, par leur plasticité écologique, aux contraintes estivales. Par contre, il reste encore de large zone d'ombre quant à la recolonisation en phase d'inondation.

Dans le sud-est de la France, le Barbeau méridional donne un bon exemple d'une espèce qui semble particulièrement affilié à ce type de milieux.

Selon Berrebi (Keith et Allardi, 2001), « cette espèce préfère les eaux bien oxygénées de moyenne altitude, mais supporte bien la période estivale où l'eau se réchauffe et l'oxygène baisse. On la trouve dans les trous peu exposés au courant et supporte des assèchements partiels du lit (...) ».

Dans le sud-est de la France et notamment dans les cours d'eau côtiers temporaires, cette espèce est souvent accompagnée de chevesnes et d'anguilles qui sont aussi deux espèces très résistantes aux variations de température. L'anguille est aussi capable de résister au manque d'oxygène puisqu'elle peut sortir temporairement du milieu aquatique.

Les salmonidés sont très souvent absents, car limités par les températures estivales élevées, souvent supérieures à 21 °C. Leur présence tient essentiellement à la persistance de « poches » d'eau renouvelée maintenant des températures et un taux d'oxygène suffisant pour sa survie.

Les contraintes estivales (températures, oxygène...) agissent négativement sur les poissons. Ainsi, l'originalité du peuplement piscicole vivant dans les cours d'eau temporaires, lorsqu'il arrive à se maintenir dans le milieu (flaques, nappe souterraine affleurant en sous-berges) présente deux phases critiques pour son développement :

- La première, comme toutes les espèces méditerranéennes, correspond aux basses températures hivernales ;
- La seconde correspond au stress estival.

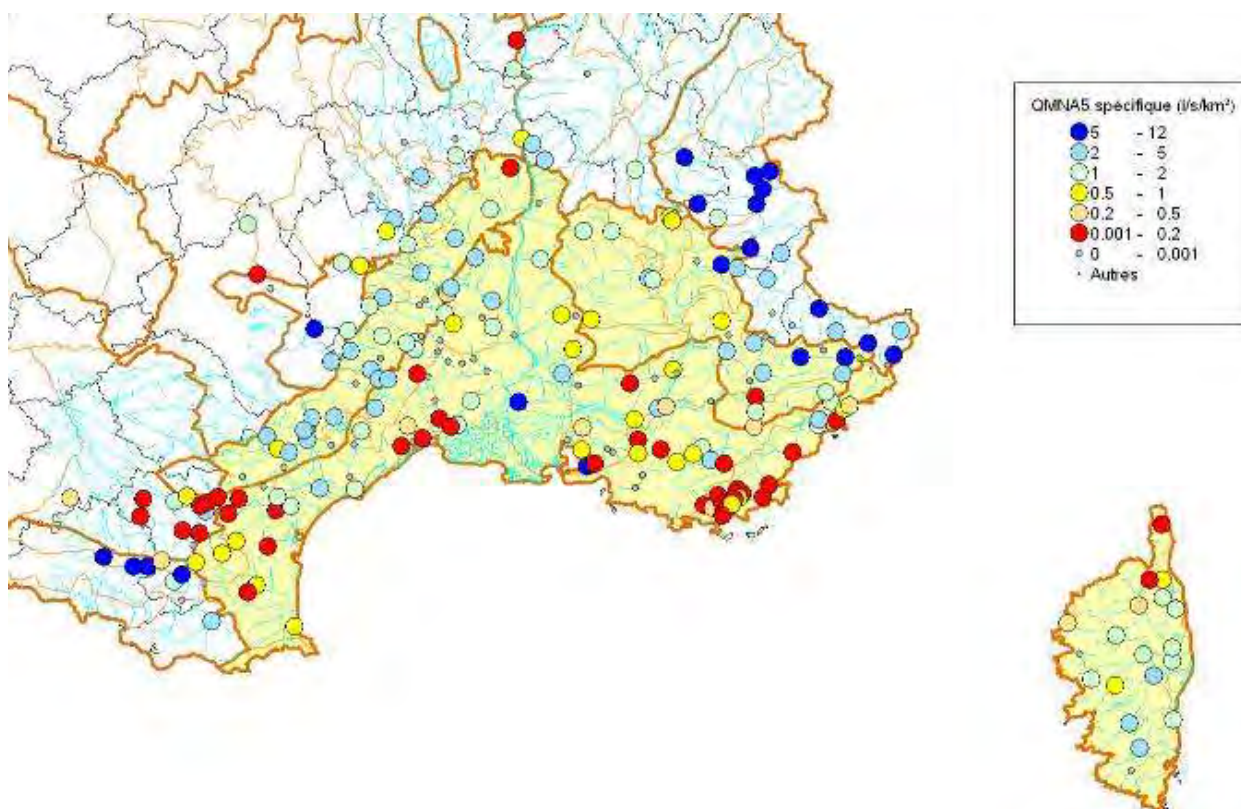
Les écailles des poissons retranscrivent ces deux périodes par des marques caractéristiques (resserrement des stries) (Chappaz, com. Personnelle).

5 Cours d'eau temporaires dans la région Provence Alpes Côte d'Azur

5.1 Caractérisation des étiages estivaux

Comme nous l'avons déjà dit, la régularité de l'assec d'une année sur l'autre dépend de la régularité du climat. En région méditerranéenne, la sécheresse estivale est inscrite comme une constante climatique. Il est donc logique de retrouver une plus grande proportion de cours d'eau temporaire dans le Sud Est de la France que dans les autres régions moins marquées par la sécheresse.

La région PACA est sous influence du climat méditerranéen, mais les reliefs confèrent à la région une grande diversité de climat. La carte 1 permet de se rendre compte de la variabilité hydrologique de la région méditerranéenne. Le paramètre retenu est le QMNA5 (débit moyen mensuel du mois le plus sec, de période de retour 5 ans), mais l'analyse qualitative aurait été la même sur d'autres valeurs caractéristiques d'étiage.



Carte 1 : Cartographie du débit d'étiage spécifique sur le domaine méditerranéen et sa périphérie. Nota : les QMNA5 renseignés de la banque Hydro ont toujours une valeur non nulle, égale au moins à 1l/s.

Trois éléments apparaissent :

- L'opposition dominante plaine / montagne : la plupart des cours d'eau cévenols, corses et alpins ont des étiages assez soutenus, tandis qu'on retrouve des cours d'eau à étiage marqué le long de la vallée du Rhône et en direction de la Garonne.
- Les étiages sévères caractérisent les plaines et collines méditerranéennes (massif des Maures, collines de Provence, plaine du Languedoc), mais aussi certains cours d'eau de la vallée du Rhône et du seuil de Naurouze.
- Des cours d'eau font exception : la Cadière, la Sorgue bénéficient d'un régime karstique qui assure un soutien d'étiage important. Le Vigueirat, près d'Arles, est un cours d'eau artificiel tracé dans les marais d'Arles dont les étiages sont soutenus par les retours d'irrigation.

Au sein de la région PACA, l'opposition entre les cours d'eau montagnards situés au nord-est de la région et les cours d'eau des collines méditerranéennes est nette. Les cours d'eau présentant un étiage le plus marqué sont localisés en majorité dans la partie sud de la région, et en particulier dans le massif des Maures. Il faut remarquer que dans l'extrême sud-est, les cours d'eau sont caractérisés par un débit d'étiage relativement élevé malgré leur proximité avec la mer. Cette particularité s'explique par le régime karstique de certains cours d'eau méditerranéens comme la Siagne ou le Loup. Il apparaît donc que, pour un climat relativement comparable, la géologie conditionne le débit d'étiage du cours d'eau.

5.2 Caractérisation des cours d'eau temporaires

L'ensemble des cours d'eau dits « temporaires » de la région PACA comme nous ils ont été précédemment définis, ont fait l'objet d'une cartographie détaillée. Les cours d'eau « éphémères », s'asséchant plus de 6 mois de l'année, ont été volontairement écartés. Les informations qui ont servi à réaliser ces cartes sont issues des données fournies dans les Plan départementaux de Gestion Piscicole (PDPG), de diverses études hydrauliques, et surtout, de l'expérience acquise par les agents de l'ONEMA, qui ont ouvertement communiqué leurs connaissances des milieux aquatiques pour chaque territoire dont ils ont la charge. Si l'hydrologie de certains cours d'eau reste imprécise du fait d'un manque de prospection, les tendances nettes se dessinent à l'échelle de la région.

Remarque : La cartographie montrant qu'un cours d'eau peut être temporaire uniquement sur certaines portions, on ne parlera plus de cours d'eau temporaires, mais de milieux lotiques temporaires.

5.2.1 Répartition régionale et départementale (voir carte 2)

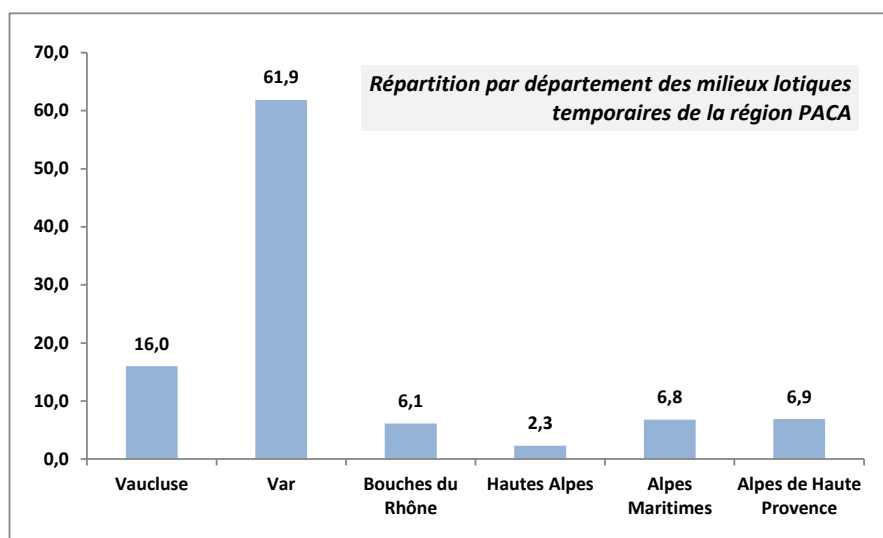
L'ensemble du réseau hydrographique de la région, après avoir enlevé la totalité des cours d'eau éphémères qui ne s'écoulent que durant les fortes pluies, représente un linéaire de 17 700 kilomètres. La répartition par département des cours d'eau de la région PACA est donnée dans le tableau 1.

Avec plus d'un quart des cours d'eau de la région, le département des Alpes de Haute Provence concentre le plus grand linéaire. Il est suivi par les Hautes Alpes, le Var et les Alpes Maritimes. Le Vaucluse et les Bouches-du-Rhône sont les départements qui présentent le réseau hydrographique le plus réduit de la région. Les milieux lotiques temporaires constituent 19,4 % du réseau régional.

	Total (kilomètres)	Total (%)	Temporaires (%)
Vaucluse	1648	9,3	33,4
Var	3505	19,7	60,8
Bouches du Rhône	1212	6,8	17,4
Hautes Alpes	3567	20,1	2,2
Alpes Maritimes	3328	18,7	7,1
Alpes de Haute Provence	4497	25,3	5,3
Région Paca	17757	100	19,4

Tableau 1 : Linéaires de cours d'eau et proportion de milieux lotiques temporaires par département

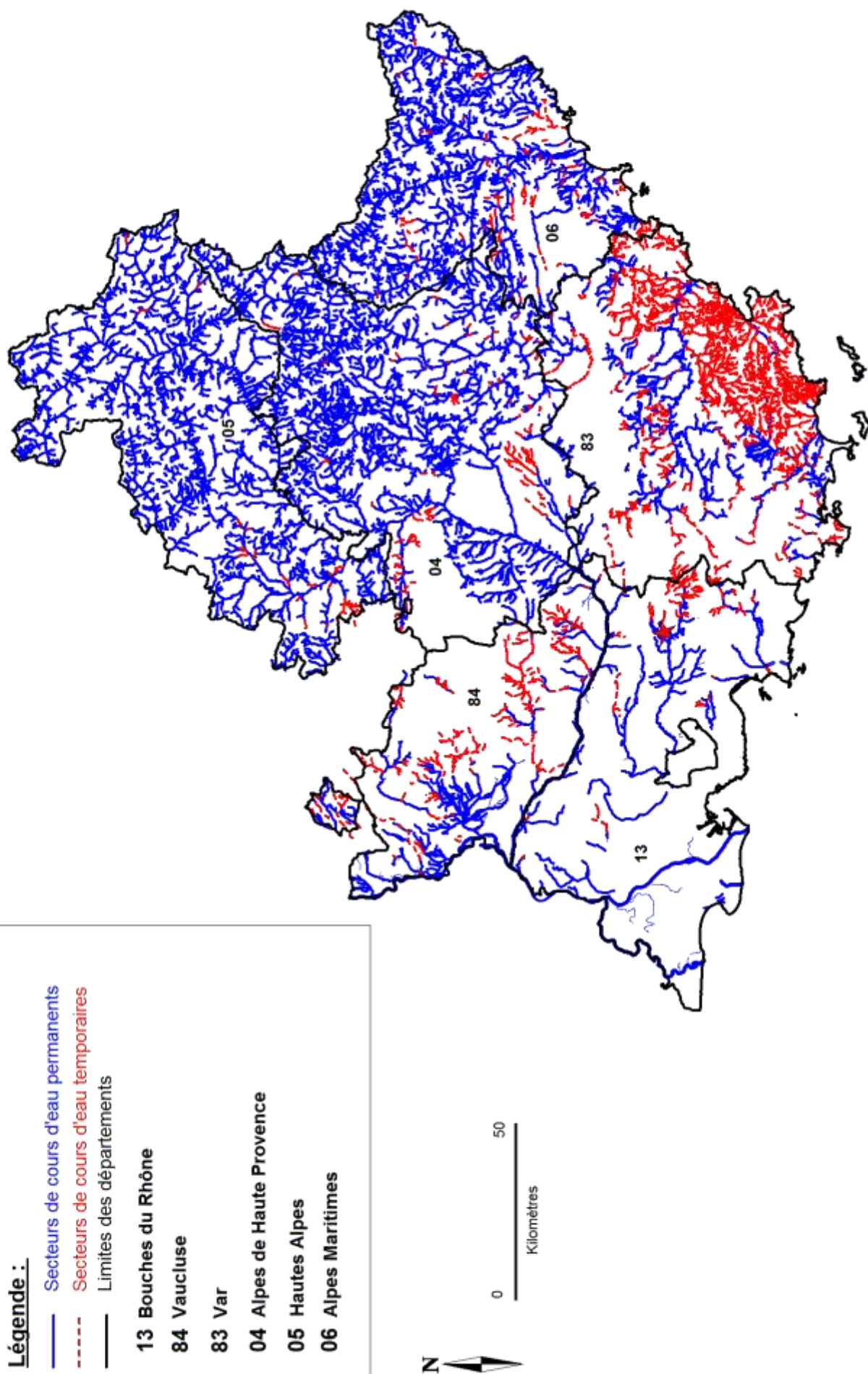
Les proportions de cours d'eau temporaires de la région se répartissent de la manière suivante. Le pourcentage le plus important est observé dans le département du Var, qui concentre plus de 60 % des milieux lotiques temporaires de la région. Il est suivi par le Vaucluse qui en comprend près de 16 %, puis les Alpes de Haute Provence, les Alpes Maritimes, les Bouches-du-Rhône et enfin, les Hautes Alpes.



En calculant la part des milieux lotiques temporaires pour les cours d'eau de chaque département (tableau 1), **le Var arrive toujours en tête, 60 % de son réseau hydrographique pouvant être qualifié de temporaire**. Plus de 33 % du linéaire des cours d'eau du Vaucluse sont également temporaires. Avec plus de 17 % de son linéaire, les Bouches-du-Rhône arrivent en troisième position. Les Hautes-Alpes présentent la plus faible part de milieux lotiques temporaires de la région (2,2 % de son linéaire).

Les cours d'eau ou portions de cours d'eau dits temporaires sont principalement concentrés dans la partie sud du Var (massifs de l'Estérel et des Maures). La région du Luberon, du Haut bassin de l'Arc (Massif de Ste Victoire et Mont Aurélien), le Haut bassin de l'Huveaune et du Gapeau (Massif de la Ste Baume), ainsi que certains affluents de l'Argens (comme le Caramy ou l'Issole) concentrent également une part importante de secteurs temporaires. Dans le nord et l'est de la Région PACA, les cours d'eau temporaires sont plus rares.

Carte 2 : Localisation des secteurs temporaires et permanents des cours d'eau de la région PACA



5.2.2 Répartition des cours d'eau temporaires par hydroécorégion (HER)

Afin d'évaluer l'état écologique des cours d'eau pour répondre à la Directive Cadre Européenne sur l'Eau, il a été délimité à l'échelle du territoire français (Cemagref) des hydroécorégions (HER). Elles peuvent être définies comme étant des aires géographiques à l'intérieur desquelles les déterminants physiques primaires tels que la géologie, le climat et le relief, sont homogènes. Ces paramètres physiques naturels ont été retenus, car ils sont à la base des différents types de milieux et des peuplements associés, en particulier les invertébrés aquatiques, qui permettent d'évaluer l'état écologique des cours d'eau. En fonction du niveau de découpage, il est défini les hydroécorégions de rang 1, et à une échelle plus fine, les hydroécorégions de rang 2.

Il s'agit dans ce chapitre de confronter cette délimitation réalisée avec l'hydrologie constatée des cours d'eau de la région PACA, afin de vérifier si le caractère temporaire des milieux lotiques de la région, répond aux déterminants physiques primaires.

▪ Hydroécorégions de rang 1 (HER1)

A l'échelle du territoire français, 22 hydroécorégions de rang 1 (HER1) ont été définies. Sur le territoire de la région PACA, trois principales HER 1 sont retrouvées :

- *Alpes internes* (nord et est de la région) ;
- *Préalpes du Sud* (zone médiane) ;
- *Méditerranéen* (sud et ouest de la région).

Les **Alpes internes** sont caractérisées par un relief extrêmement accentué, caractérisé par l'importance de l'étage alpin. La géologie est très hétérogène, mais peu carbonatée. Le climat est montagnard avec une tendance continentale marquée.

Les **Préalpes du sud** sont des montagnes alternant massifs calcaires et ensembles marneux. L'influence du climat méditerranéen se traduit par un bilan hydrique plus faible.

L'hydroécorégion **Méditerranéenne** est caractérisée par un climat très chaud à sécheresse estivale prolongée. La géologie est variée : plaine alluvionnaire, massifs granitiques et collines calcaires.

La répartition des cours d'eau temporaires de la région au sein de ces trois hydroécorégions de rang 1 est donnée sur la carte 3.

Remarque : le bassin du haut Drac appartient à une 4e HER 1, l'HER Préalpes du Nord. De par sa faible représentativité en région PACA au regard notamment des milieux temporaires, elle n'a pas été retenue dans le cadre du présent travail.

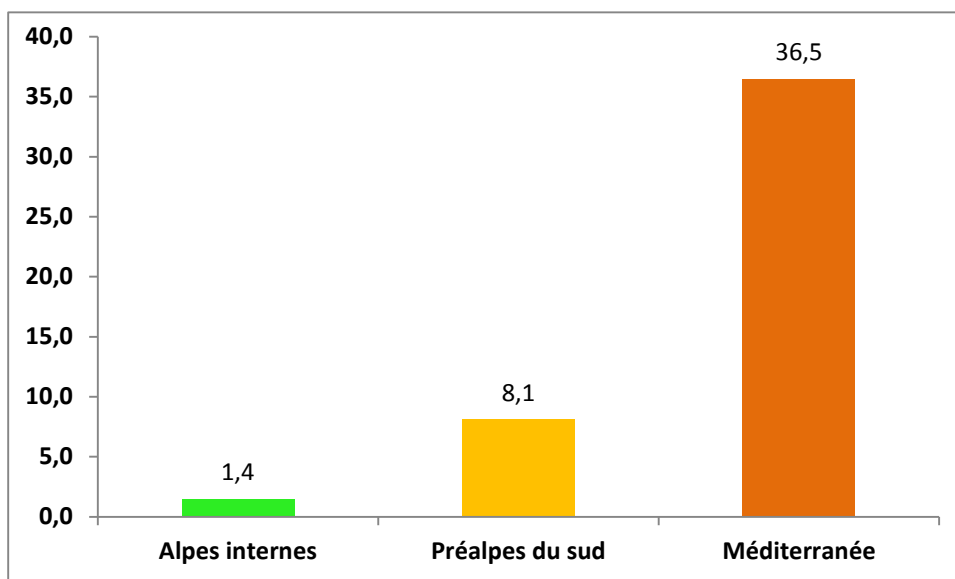
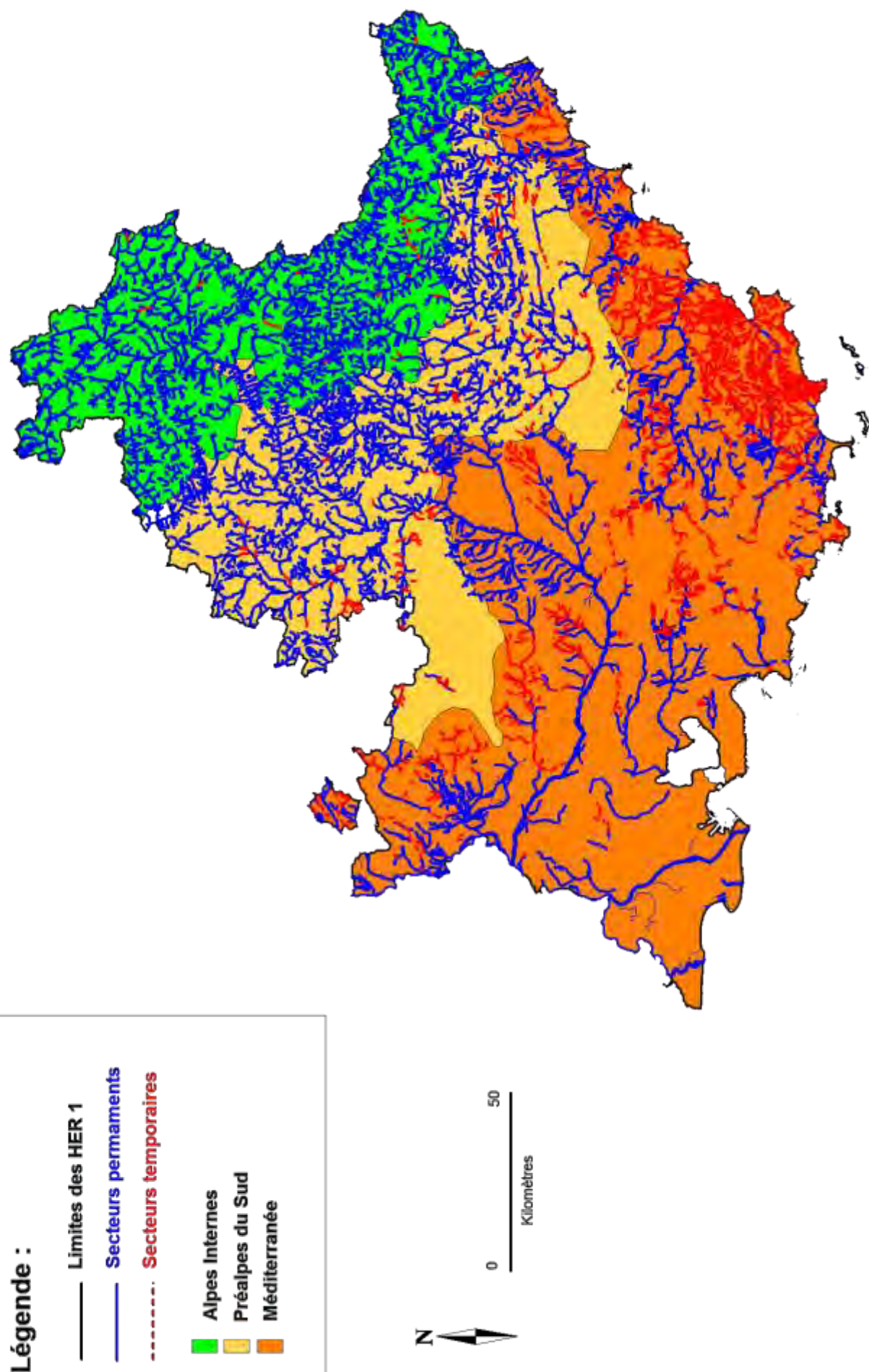


Figure 1 : Pourcentage de secteurs temporaires dans les cours d'eau dans les hydroécocorégions de rang 1 de la région PACA

D'après les résultats mentionnés sur la figure 1 et la carte 3, les secteurs temporaires des cours d'eau de la région PACA sont observés dans les trois hydroécocorégions concernées. Leurs proportions varient sensiblement d'une HER à l'autre. Les territoires typiquement montagnards (Alpes internes) sont caractérisés par de faibles proportions de milieux lotiques s'asséchant en été. Les cours d'eau des Préalpes du sud, caractérisées comme nous l'avons dit par un déficit hydrique plus marqué, présentent une part supérieure de zones d'assec. Par comparaison avec ces deux dernières hydroécocorégions, l'HER Méditerranée présente une proportion très importante de milieux lotiques temporaires. Le réseau hydrographique de cette hydroécocorégion présente en effet presque 40 % de secteurs temporaires.

Lors de la définition des hydroécocorégions, le climat est apparu pour le Cemagref comme le facteur déterminant permettant d'individualiser l'HER1 Méditerranée. Le facteur climatique est par conséquent à l'origine de la plus grande proportion de milieux temporaires dans cette hydroécocorégion.

L'analyse de la répartition des milieux temporaires à l'échelle plus fine des hydroécocorégions de rang 2, permettrait de différencier la part des autres déterminants physiques (relief, géologie) dans la mise en place de systèmes lotiques temporaires.



▪ Hydroécorégions de rang 2 (HER2)

Le découpage en hydroécorégion de rang 2 est plus précis que celui précédemment décrit. Sur le territoire de la région PACA, les hydroécorégions de rang 2 sont au nombre de treize. La description de leurs caractéristiques physiques (climat, géologie, relief) est donnée en annexe 1.

L'analyse de la répartition des milieux lotiques temporaires de la région révèle certaines caractéristiques hydrographiques importantes. Sur la carte 4, il apparaît que les réseaux hydrographiques ne présentent pas une densité de drainage¹ similaire. Ainsi, les cours d'eau des HER 2 « Plateau calcaire de Provence, Ventoux » et « Plateaux calcaires de Provence » présentent une densité de drainage très faible à faible (respectivement 0,07 et 0,24 km⁻¹). Par comparaison, les HER 2 « Alpes du Sud » et « Gapençais Embrunais » ont une densité de drainage de 0,63 et 0,72 km⁻¹. Ce nombre de cours d'eau extrêmement réduit sur les plateaux calcaires est directement lié à la géologie de ces hydroécorégions. Les calcaires massifs de ces HER 2 privilégient les infiltrations et la mise en place de réseaux karstiques souterrains. Avec une densité de drainage de 0,98 km⁻¹, l'hydroécorégion « Maures Estérel » présente la plus forte densité de drainage de la région. Ce chiffre élevé s'explique par la géologie cristalline de ces massifs formés essentiellement de roches volcaniques (rhyolites de l'Estérel), plutoniques (granite) et métamorphiques (Gneiss, schistes). Ces formations ont la particularité d'être très peu perméables, et donc de privilégier les écoulements superficiels plutôt que souterrains.

¹ Densité de drainage : rapport entre la somme des longueurs de tous les cours d'eau et la superficie des bassins drainés

Sur la figure 2, les pourcentages de milieux lotiques temporaires par hydroécorégion de rang 2 sont mentionnés. Avec 77 % du linéaire de cours d'eau, il apparaît clairement que la plus grande proportion de secteurs temporaires est observée au niveau de l'HER 2 « Maures Estérel ». Les hydroécorégions « Plateau calcaire de Provence, Ventoux » et « Collines calcaires de Basse Provence » présentent également une part importante de milieux lotiques temporaires.

Les cours d'eau localisés dans les HER 2 « Plateau calcaires » et « Préalpes Dromois, Baronnies », situées dans les Préalpes du Sud, présentent une plus grande proportion de secteurs temporaires (21 %) que les HER 2 « Plaine méditerranéenne » et « Collines de basse Provence », pourtant localisées dans l'HER 1 Méditerranée. La géologie calcaire supplante donc dans ce cas le climat méditerranéen pour créer des conditions de temporalité.

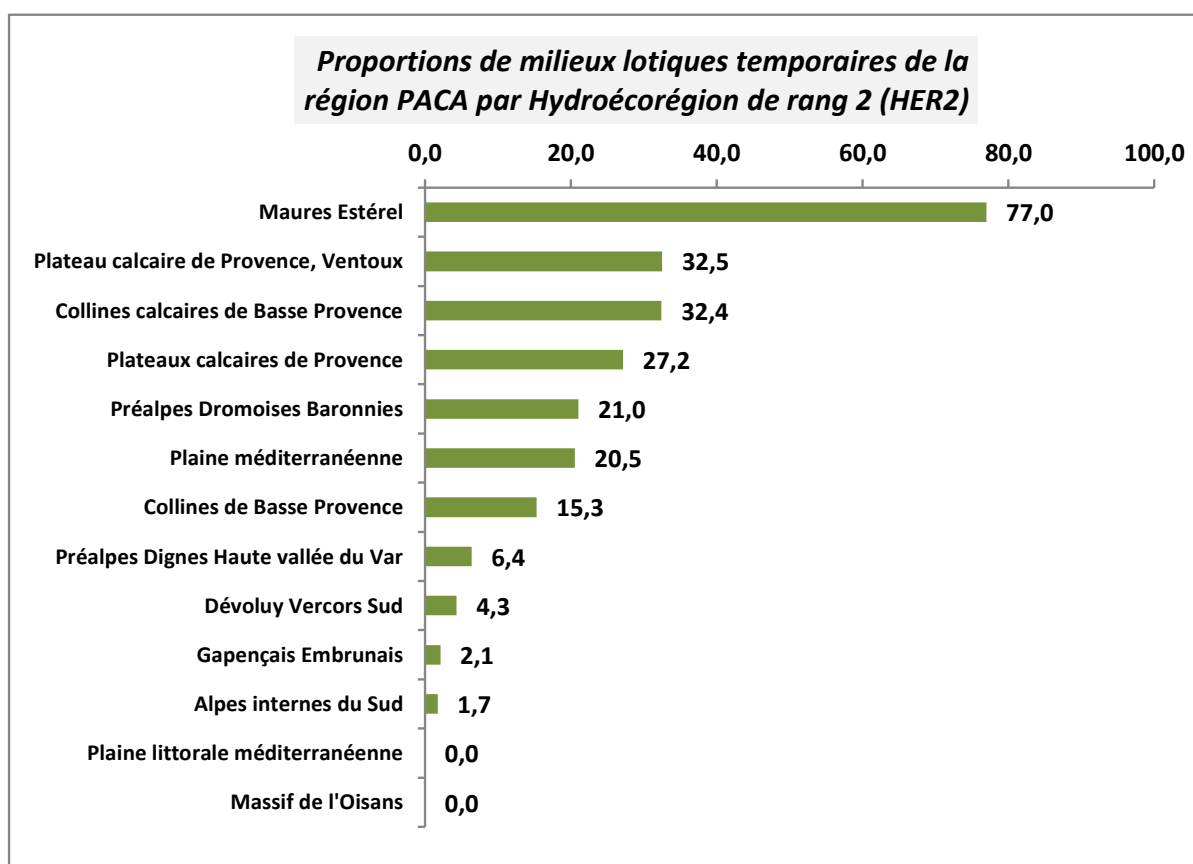
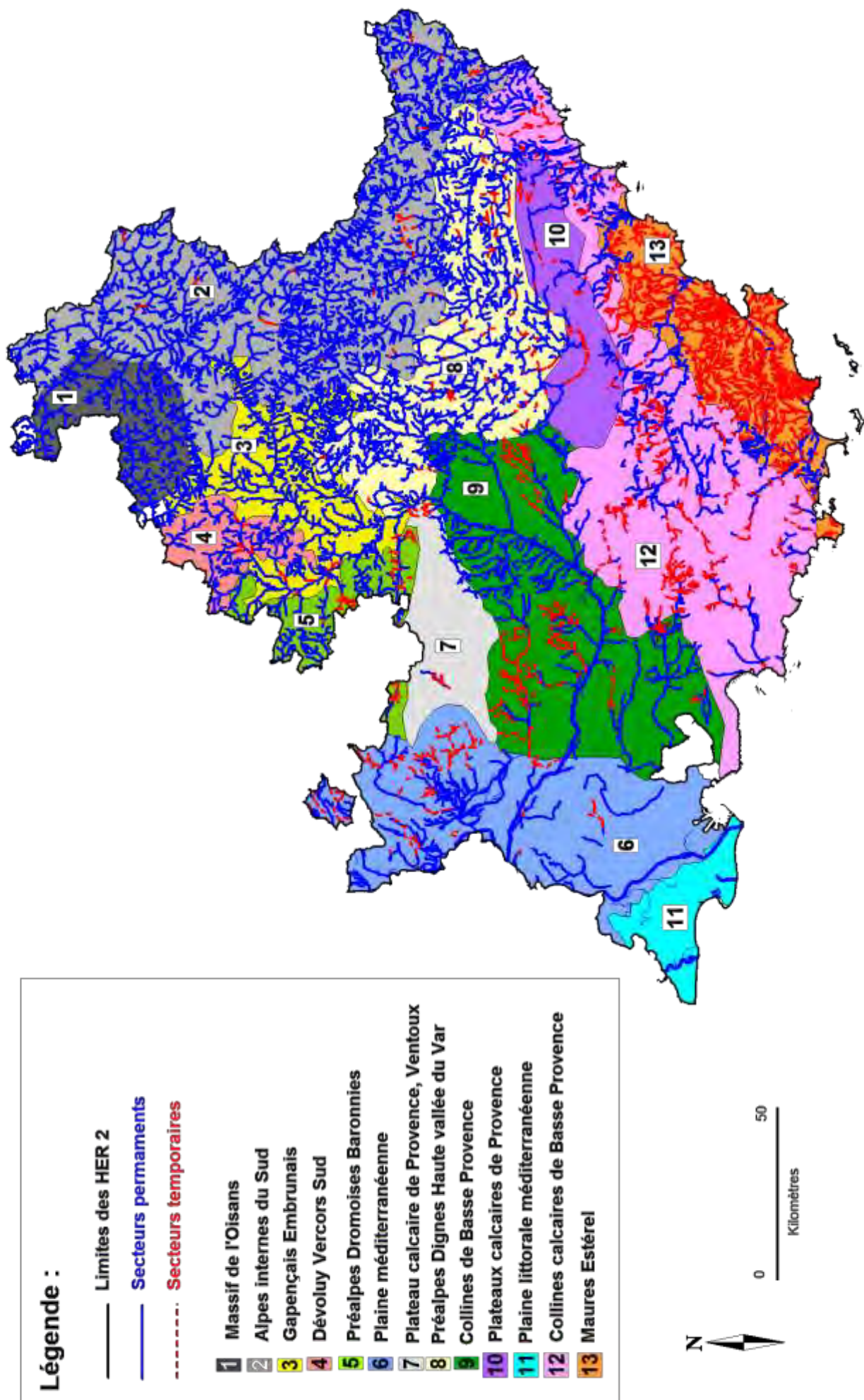


Figure 2 : Milieux temporaires par HER 2 dans la région PACA

Carte 4 : Localisation des secteurs temporaires et permanents des cours d'eau de la région PACA au sein des HER de rang 2



5.2.3 Cours d'eau temporaires ou tronçons temporaires ?

La cartographie réalisée permet également de mettre en évidence qu'il est finalement rare qu'un cours d'eau soit temporaire dans son ensemble. En effet, une grande part des dits cours d'eau temporaire sont soit des petits affluents temporaires, soit des tronçons temporaires (voir figure 2). Les tronçons temporaires sont définis comme une portion de cours d'eau temporaires suivie ou précédée par une portion permanente sur le même linéaire.

Les seuls milieux lotiques qui sont temporaires sur la totalité de leur bassin versant sont certains **fleuves côtiers varois**, qui comme indiqué sur la carte 5, sont localisés dans le massif des Maures et de l'Estérel. Ces cours d'eau, qui confluent directement dans la Méditerranée, ont une longueur variable, mais présentent généralement un ordre de drainage réduit. Ces fleuves côtiers temporaires représentent environ 14 % du linéaire des milieux lotiques temporaires recensés.

Comme il est indiqué sur la figure 3, la grande majorité des milieux temporaires lotiques de la région PACA sont des **affluents de petite taille**, temporaires sur la totalité de leur cours. Ils présentent pour la plupart des ordres de drainage réduits (ordre de Strahler de 1 ou 2). Les sous bassins versants temporaires les plus importants sont d'ordres de drainage 3, voir 4 pour le plus important d'entre eux, l'Aille. Ces affluents de grandes tailles sont localisés pour leur majorité dans le massif des Maures.

Les **tronçons temporaires**, qui comportent également sur leur linéaire une portion permanente, constituent 28 % des milieux lotiques temporaires recensés sur la région. Leur répartition montre qu'ils sont généralement liés à la nature des terrains géologiques traversés. Ils se rencontrent préférentiellement dans les zones calcaires ou/et alluvionnaires où la perméabilité du substrat entraîne des infiltrations ou l'apparition de résurgences. Le Calavon, rivière localisée dans le Vaucluse en est un exemple. Dans les Hautes Alpes, ce sont les tronçons d'affluents de petite taille de la Durance ou du Buech, qui en arrivant dans la plaine alluviale n'ont plus assez de débits pour compenser les pertes par infiltrations.

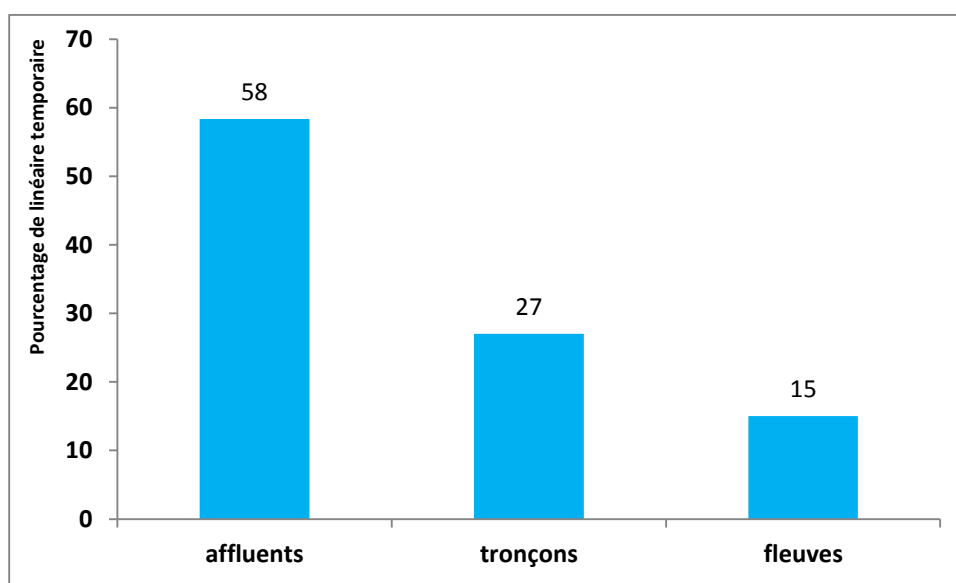



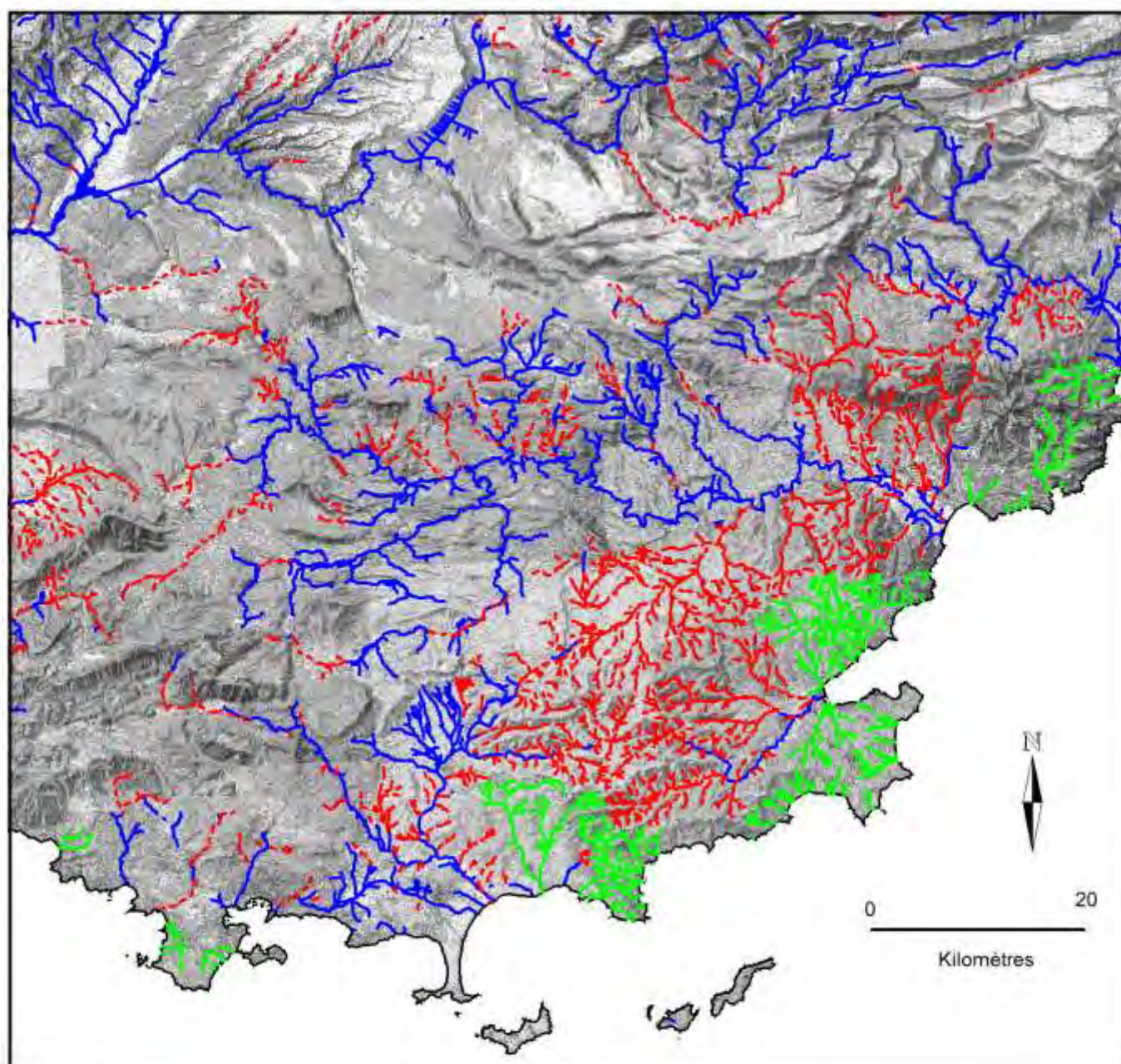


Figure 3 : Répartition des linéaires temporaires des cours d'eau de la région PACA

Carte 5 : Localisation des fleuves temporaires au sein du département du Var

Légende :

-  Secteurs de cours d'eau permanents
-  Secteurs de cours d'eau temporaires
-  Fleuves temporaires sur tout leur linéaire



6 Essai de typologie des milieux lotiques temporaires provençaux

La cartographie présentée dans le chapitre précédent permet d'évaluer la répartition des milieux lotiques temporaires à l'échelle de la région et de faire ressortir, au travers des hydroécorégions, les facteurs physiques influençant leur distribution.

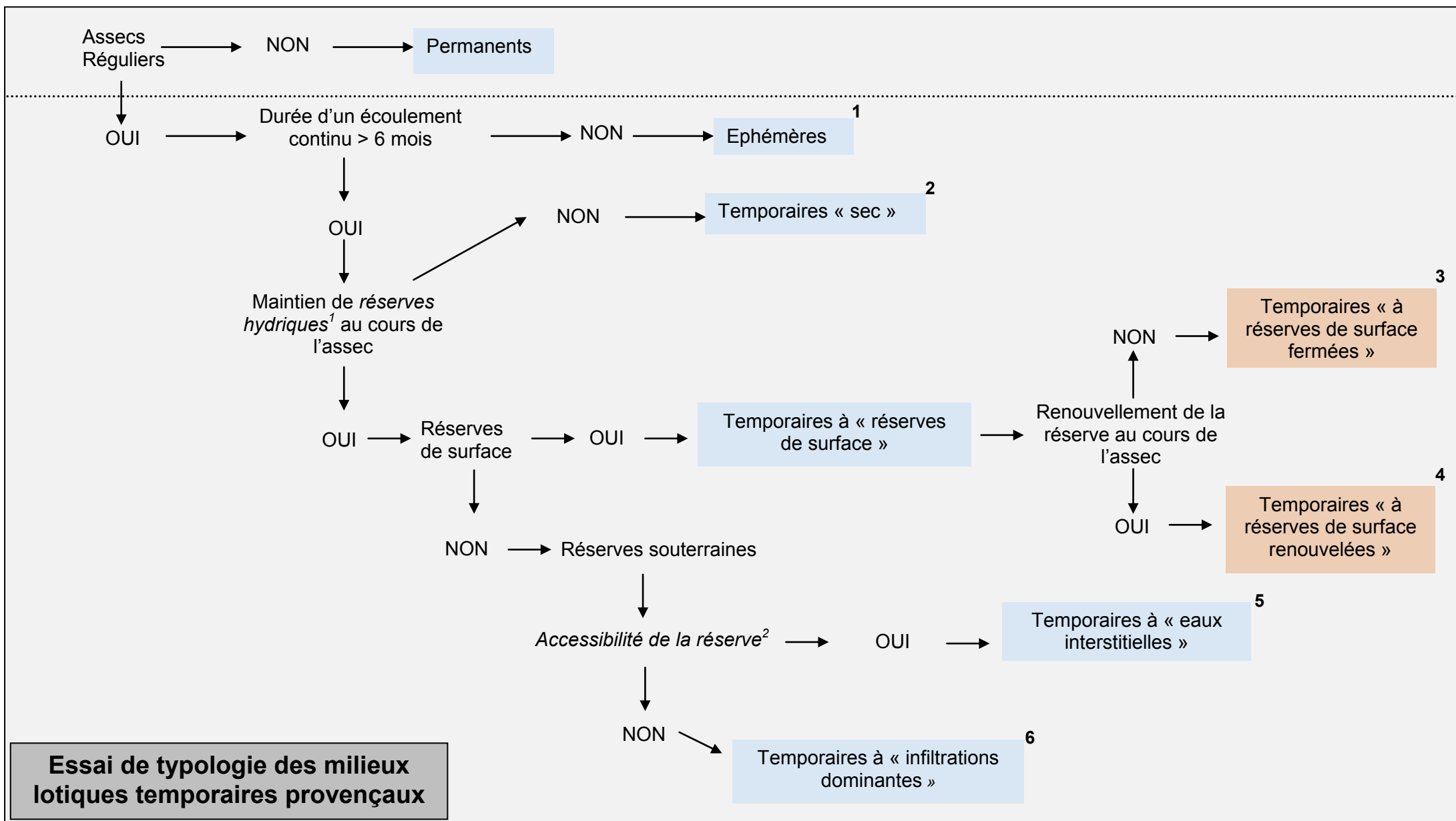
A l'échelle régionale, il est possible de désigner des « cours d'eau temporaires sur substrat cristallin », des « cours d'eau temporaires sur substrat calcaire » ou des « cours d'eau temporaires montagnards ». Si cette typologie peut présenter quelques réalités biogéographiques, par exemple la présence d'espèces uniquement dans les milieux temporaires cristallins du fait de l'isolement du Massif des Maures, elle ne permet pas d'expliquer le peuplement faunistique observé.

En effet, celui-ci dépend pour une grande part de l'existence et de la nature des zones refuge, qui comme nous l'avons déjà signalé, conditionnent directement sa composition. De plus, des aires géographiques distinctes peuvent présenter des zones de refuges similaires. Il nous a donc paru plus pertinent de réaliser cet essai de typologie en tenant compte directement de ces réservoirs d'eau qui permettent à une certaine forme du peuplement faunistique de survivre. En recherchant les identités fonctionnelles des milieux considérés, il est possible de prévoir les modes de résistance à la base de la recolonisation du milieu lors de la remise en eau du milieu.

Le premier facteur pris en compte dans cette typologie est la **durée de la phase inondée** qui conditionne le développement des espèces aquatiques. Cette durée est dépendante de l'approvisionnement en eau du milieu, qui elle-même est sous la dépendance du régime des précipitations et de la mise en réserve des eaux (existence de nappes).

Deuxièmement, l'**intensité** de cet assec est dépendante des capacités de réserve locales (présence d'une nappe alluviale, ombrage provoqué par la ripisylve, litière permettant le maintien d'une humidité suffisante...).

Dans la clef présentée ci-dessous, nous proposons une première classification basée sur la durée de la phase inondée et son intensité dans la mesure où elles influencent le peuplement faunistique, en particulier les invertébrés.



6.1 Description des différents types fonctionnels proposés

En fonction de la durée d'un écoulement continu, de l'existence de zones refuges et de la forme de ces zones refuges, on distingue les milieux lotiques temporaires suivants.

▪ Ephémères (1)

L'écoulement est discontinu et ne dure que quelques semaines ou quelques mois dans l'année, conséquence d'un substrat limitant totalement la mise en réserve des eaux. Cet écoulement est insuffisant pour permettre la diversification du peuplement faunistique. Les espèces colonisant ces milieux au cours de la phase inondée sont essentiellement des Diptères à développement rapide.

Les milieux éphémères sont très nombreux dans la région PACA, aussi bien dans les milieux montagnards que dans les régions de collines méditerranéennes. Leur mise en eau est directement dépendante de l'intensité et de la durée des précipitations. A l'exception de certains cours d'eau s'écoulant sur substrat calcaire privilégiant les infiltrations importantes comme la Nesque, la majorité des milieux lotiques éphémères sont de petits ravins d'ordre de drainage très réduit.



Photo 11 : Milieux lotiques éphémères du Massif de la St Victoire (13)

▪ Temporaires « secs » (2)

L'écoulement est continu durant au moins six mois dans l'année. Un peuplement plus diversifié que dans les milieux éphémères peut se développer, mais l'assèchement complet du cours d'eau limite les zones refuges pour la faune.

Les espèces aquatiques qui colonisent le système présentent obligatoirement un cycle biologique limité à la période de mise en eau. Le milieu peut cependant être colonisé par des insectes présentant le moyen d'échapper à l'assec par voie aérienne (Dytiscidae, Notonectidae). En l'absence d'espèces à cycle supérieur à un an, le peuplement se trouve donc moins diversifié. Les poissons ne peuvent subsister dans le type de milieu. La recolonisation lors de la remise en eau est dépendante de la migration aérienne de la faune des milieux aquatiques adjacents. Si le cours d'eau est relié en aval à un milieu permanent, la recolonisation du système peut se faire par le milieu aquatique par montaison (cas des poissons ou des Crustacés Gammaridae). Ce type de milieux temporaires est présent en Provence calcaire comme en Provence cristalline.

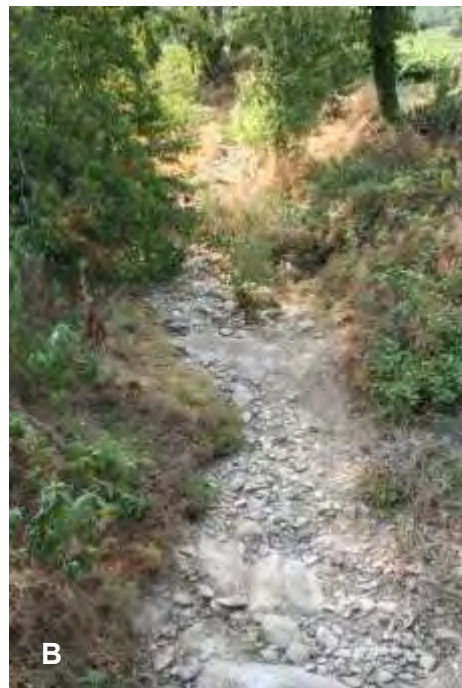


Photo 12 : Milieux temporaires secs

A : Portions du Caramy en Provence calcaire

B : Portion du Real Collobrier en Provence cristalline

▪ Temporaires « à réserves de surface »

Dans les milieux lotiques temporaires à réserves de surface, l'écoulement sur l'ensemble du linéaire est temporaire. Seules certaines portions restent en eau. Le maintien de cuvettes d'eau à l'air libre dans le lit permet à une faune à cycle long de survivre à l'assèchement estival. Ces zones refuges superficielles qui occupent généralement de profondes mouilles, des vasques ou des sous-berges peuvent être plus ou moins renouvelées lors de la phase critique, en fonction de la perméabilité du substratum. On distingue donc deux sous-types.

- Temporaires « à réserves de surface fermées » (3)

Dans ce cas, aucun renouvellement de la ressource n'est assuré, ou alors de manière très faible. Dès l'arrêt de l'écoulement qui a lieu au cours de l'exondation, ces réserves de surface se retrouvent déconnectées et évoluent indépendamment des milieux aquatiques résiduels. Elles présentent toutes les caractéristiques d'un milieu stagnant de faible superficie. En relation avec l'évolution climatique saisonnière, la température augmente rapidement, et de manière concomitante, un enrichissement organique se produit. Cette eutrophisation du milieu, plus ou moins rapide en fonction de l'exposition (présence d'une ripisylve ou non), peut conduire à des baisses importantes de la concentration en oxygène. Cette évolution des paramètres physico-chimiques s'accompagne de la disparition des organismes les plus sensibles.

En fonction de la qualité de l'eau résiduelle, le peuplement résistant à l'assec dans ces trous d'eau, sont essentiellement des espèces peu exigeantes en terme de qualité. Les invertébrés que l'on peut retrouver dans ces milieux sont essentiellement des Gastéropodes, des larves de libellules (*Aeshna affinis*), des larves de Diptères, ainsi que de nombreux Hétéroptères et Coléoptères prédateurs. Les espèces piscicoles survivant à ces conditions sont des espèces supportant des températures relevées et de faibles concentrations en oxygène. La truite est exclue de ces milieux et on retrouve fréquemment dans ce type de milieux les chevaines et les barbeaux méridionaux. Ils recoloniseront l'ensemble du cours d'eau au moment de la remise en eau. En l'absence de connexion avec un milieu permanent d'eau douce, ce qui est le cas de nombreux fleuves côtiers méditerranéens, ces réservoirs constituent les seuls refuges pour la faune piscicole durant l'été.



Photo 13 : Réserve de surface fermée.

A : pièce d'eau résiduelle sur roche mère (Real Collobrier, Massif des Maures)

B : Couleuvre vipérine, prédateur profitant de la concentration des espèces piscicoles pour s'alimenter

Ce type de milieux temporaires est retrouvé sur les tronçons de cours d'eau présentant un lit imperméable et suffisamment profond pour que la quantité d'eau prise au piège ne soit pas totalement évaporée au cours de la période estivale. Les faciès concernés sont surtout des mouilles. Ce type de zone refuge est rencontré dans les régions calcaires, mais c'est essentiellement en Provence cristalline, dans les excavations creusées par l'eau au contact de la roche mère que l'on retrouve ce type de milieu.

- *Temporaires « à réserves de surface renouvelables » (4)*

Les réserves de surface sont ici renouvelées par des apports permanents qui peuvent être soit dépendants d'une source, soit directement issus de la nappe d'accompagnement en contact avec cette réserve superficielle. Ce renouvellement est insuffisant pour permettre la reprise d'un écoulement permanent, généralement parce que les caractéristiques du substrat en aval favorisent les pertes par infiltrations. Cependant, il conditionne directement la qualité de l'eau, en favorisant l'existence de températures fraîches et d'une eau relativement bien oxygénée. Ce caractère peut être accentué par la présence d'une ripisylve, qui par son ombrage limite le réchauffement et le développement algal. Les peuplements animaux ou végétaux survivant dans ces zones refuges sont caractérisés par la présence d'espèces sténothermes et/ou à cycle long. Ainsi on retrouve dans ces cours d'eau des Crustacés Gammaridae ou diverses espèces de Mollusques, dont la totalité du cycle se déroule dans le milieu aquatique. Dans le cas d'une alimentation suffisante, les espèces sont sensibles aux baisses de concentrations en oxygène peuvent se maintenir comme le Plécoptère *Perla marginata* (Perlidae) et certains Leuctridae. Au niveau piscicole, certaines espèces comme le barbeau méridional ou la truite fario peuvent également subsister dans ces zones, si le volume d'eau disponible le permet.

L'existence d'apports souterrains alimentant le milieu est directement liée à la géologie du bassin versant. Ce type de milieu temporaire se rencontre davantage dans les régions calcaires, où la perméabilité du sous-sol permet le maintien de réserve suffisante pour alimenter la réserve durant toute la période d'assec. L'existence de ces réserves est directement dépendante du renouvellement de la réserve au cours de la période inondée, et donc des précipitations annuelles.

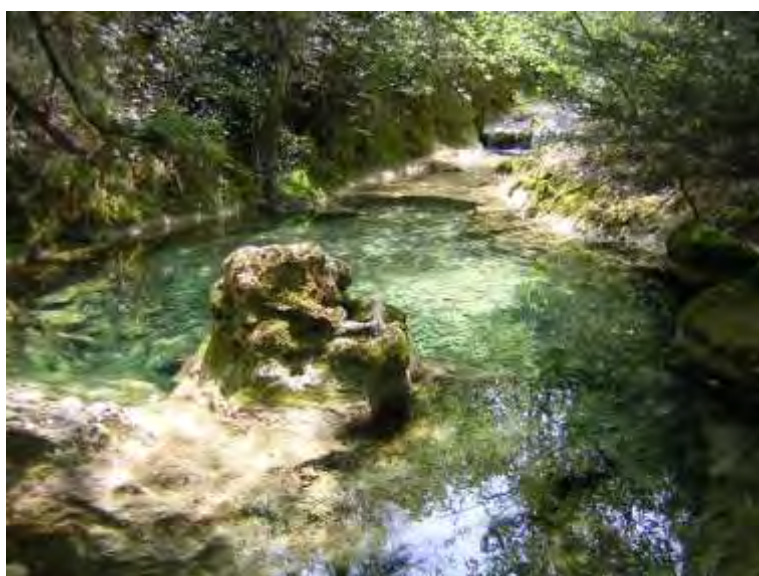


Photo 14 : Milieux temporaires à réserves de surface renouvelables, l'Huveaune et affluent dans sa partie amont

▪ Temporaires à « eaux interstitielles » (5)

Le temps d'écoulement dans ces milieux dépasse six mois dans l'année. L'existence d'alluvions perméables assure le maintien d'une réserve d'eau dans les sédiments du lit mineur. Cette réserve permet à la faune pouvant s'enfouir dans le substrat de suivre le niveau d'eau lors de l'exondation progressive du milieu. Elle survit ainsi jusqu'au retour de conditions de vie favorables, ce qui intervient généralement lors des premières pluies automnales. Une part particulièrement originale du peuplement faunistique est constituée par ces espèces qui ont la capacité de se réfugier en profondeur dans les sédiments : Coléoptère *Oulimnius rivularis*, Ephéméroptère *Habrophlebia eldae*, Plécoptères *Capnia bifrons* ou *Brachyptera risi*... Ici le peuplement est composé uniquement d'invertébrés qui sont les seuls, par leur taille réduite, à coloniser le sous-écoulement.

Cette réserve est d'autant plus préservée que le secteur est sous l'influence d'une ripisylve dense qui limite l'évaporation et le réchauffement des eaux.

Ce type de refuge concerne une grande partie des cours d'eau temporaires s'écoulant sur les massifs cristallins des Maures et de l'Estérel, mais également, certains milieux temporaires de la Provence calcaire, qui présentent suffisamment de dépôts alluvionnaires. C'est le cas par exemple de petits affluents intermittents de l'Arc. **Ce type de cours d'eau concentre la part la plus originale du peuplement faunistique, caractérisé par ses adaptations à l'assèchement du milieu.**

Dans certaines rivières de piémont, les dépôts alluvionnaires importants favorisent également les pertes d'écoulements. Dans les Alpes de haute Provence, des cours d'eau comme l'Asse voit une portion de leur lit s'assécher en surface. L'écoulement interstitiel, dans la mesure où il est accessible à la faune, peut alors constituer une forme de refuge pour ce type de milieu. A noter que dans ce cours d'eau de piémont, des sous-berges profondes, renouvelées par la nappe alluviale, permettent aux poissons de se maintenir lorsque le lit est sec.



Photo 15 : Milieux temporaires à « eaux interstitielles »

▪ **Temporaires « à infiltrations dominantes » (6)**

Le temps d'écoulement dépasse six mois dans l'année. Lors de la période sèche, quand les apports par le débit deviennent insuffisants pour compenser l'infiltration, le cours d'eau se perd totalement dans les failles de la roche mère et le cours d'eau devient sec. Cet écoulement souterrain, quand il est déconnecté du lit superficiel, offre peu de possibilités de résistance à la faune qui ne peut suivre l'évolution de la ligne d'eau. De plus, dans les régions à géologie calcaire où ce type est régulièrement retrouvé, l'encroustement formé par les dépôts calcaires à la surface des sédiments limite les possibilités de suivi de la nappe. L'assèchement du lit en surface est alors total.

Les capacités de recolonisation de la faune sont dépendantes de l'existence de tronçons permanents situés sur le bassin amont (cas de nombreux affluents de l'Argens ou du Verdon en Provence calcaire), ainsi que des secteurs permanents localisés en aval permettant la montaison de certaines espèces. Dans le cas où ce milieu est déconnecté des milieux permanents, le peuplement faunistique est très pauvre.

Les infiltrations observées dans les alluvions profondes de certains cours d'eau ou dans les zones d'éboulis des torrents de montagne peuvent être rapprochées de type de fonctionnement, dans la mesure où les écoulements souterrains ne sont pas accessibles à la faune. C'est le cas par exemple du Mélezet dans le massif du Queyras.



**Photo 16 : Milieux lotiques temporaires « infiltrations dominantes »
en Provence calcaire**

▪ Conclusions

La typologie présentée précédemment est basée sur les capacités du cours d'eau à offrir à la faune des milieux refuges lui permettant de survivre à l'exondation d'une grande partie du lit.

Ces réserves sont dans un premier cas **localisées en surface**. Elles peuvent être renouvelées ou non. Ce renouvellement conditionne la qualité de l'eau et le maintien de certaines espèces nécessitant une eau fraîche et oxygénée. Dans le cas contraire, ne subsistent que les taxons résistants au réchauffement des eaux et à la baisse de la concentration en oxygène. Ces réserves de surface sont indispensables au peuplement piscicole qui ne présente pas les capacités d'enfouissement dans le substrat des invertébrés benthiques. La taille des espèces piscicoles se maintenant dans ces réservoirs, ainsi que leur densité sera dépendante de la surface restant en eau et de la profondeur.

Les **réserves de types souterrains accessibles** peuvent accueillir une faune particulière, typique de ce mode de résistance (enfouissement dans les sédiments). Ces réserves maintiennent des conditions thermiques favorables à l'établissement d'espèces sténothermes (exemple de *Siphonoperla torrentium*), même dans un contexte méditerranéen prononcé. Les accumulations de matière organique grossière et fine, si elles se trouvent dans les conditions favorables au maintien d'un degré suffisant d'humidité (cuvette ombragée), offrent également une possibilité d'accueil d'une partie de la faune.

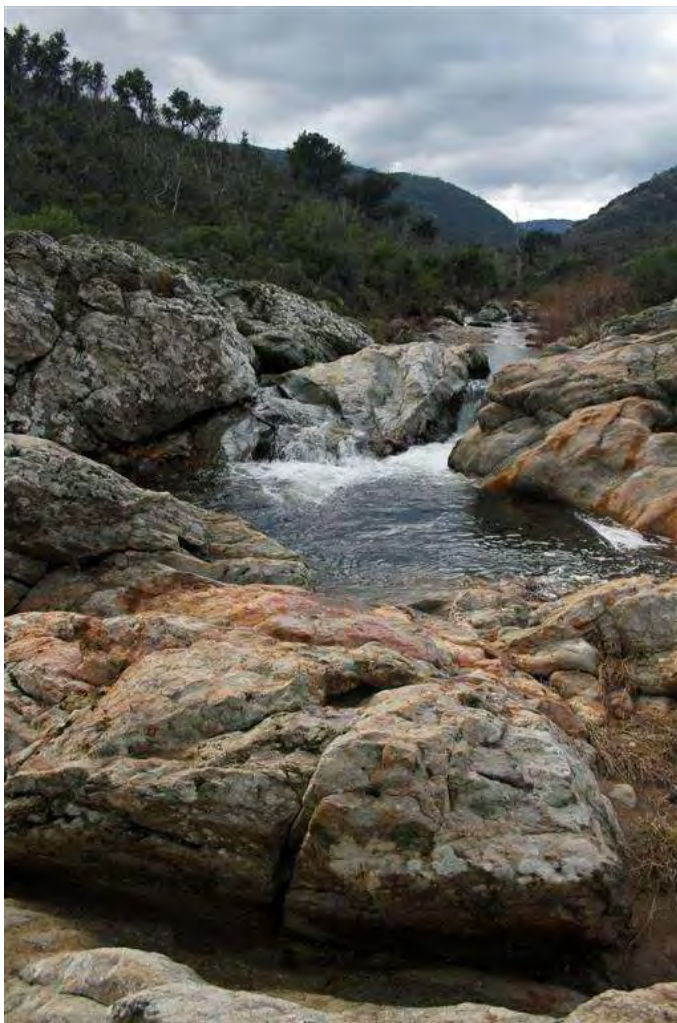


Photo 17 : cuvettes d'eau creusées dans la roche mère, qui lors de l'assec estival de la Giscle (83), servent de refuge aux barbeaux méridionaux

Bien que ces milieux refuges se trouvent isolés sur les linéaires temporaires, et qu'ils peuvent évoluer de manière indépendante (eutrophisation de flaques sur roche mère ou maintien d'une température fraîche dans les milieux en contact avec la nappe), ils sont à la base de la recolonisation de l'ensemble du cours d'eau lors de la remise en eau. **La préservation de ces zones refuges est primordiale car le maintien du peuplement dans son ensemble dépend fragilement de ces capacités de réserve, souvent limitées, du lit mineur.**



Photo 18 : Plécoptère *Brachyptera risi*, espèce commune dans le Massif des Maures, dont les larves résistent à l'assec en s'enfouissant dans les réserves de type « souterraines accessibles »

Tous ces types de refuges peuvent être présents en même temps sur un même cours d'eau, comme ils peuvent être totalement absents d'un bassin versant temporaire (cas des temporaires secs). **Un type de refuge n'exclut pas l'autre, et la richesse du peuplement faunistique est à l'image de la diversité des zones refuges à l'échelle locale.**

Ces capacités sont étroitement dépendantes de la géologie du bassin versant. En fonction du type de roche que traverse le cours d'eau, un *type de refuge peut être favorisé par rapport à un autre*. Ainsi, dans le cours d'eau s'écoulant sur un substrat calcaire, comme c'est le cas dans certains temporaires du centre Var ou du Luberon, les systèmes de failles et de cassures vont favoriser les infiltrations plus ou moins profondes. Ces infiltrations peuvent concerner un linéaire relativement étendu du cours d'eau. Dans ce cas, les capacités de réserve sont limitées, puisque l'écoulement souterrain est déconnecté du système de surface. De plus, l'encroutement des sédiments ne favorise pas l'enfouissement des invertébrés qui se maintiennent dans les nappes alluviales. Ici, les capacités de réserve et de recolonisation du lit dépendront surtout des zones permanentes situées en amont. Sur les milieux temporaires à influence argileuse, comme c'est le cas sur le haut bassin de l'Arc, les accumulations de sédiments fins peuvent constituer une réserve accessible pour certains invertébrés. Dans le lit des cours d'eau à substrat cristallin (Maures, Estérel), quand l'écoulement se fait directement sur la roche mère, les capacités de réserve sont extrêmement limitées. En l'absence de réapprovisionnement conséquent par des réserves souterraines, les mouilles isolées lors de l'exondation finissent par s'assécher totalement, n'offrant à la faune aucune possibilité d'enfouissement. En revanche, les alluvions déposées (sables, graviers galets), quand elles sont suffisamment épaisses, conservent une humidité résiduelle offrant à la faune une possibilité d'échapper à la dessiccation. Dans les zones de montagnes de la région PACA, les tronçons temporaires observés sont généralement caractérisés par des pertes dans les éboulis. *Comme pour certains cours d'eau calcaires où les infiltrations sont dominantes, ce n'est donc pas l'absence d'eau qui conditionne la temporalité du système, mais l'inaccessibilité de la réserve.*

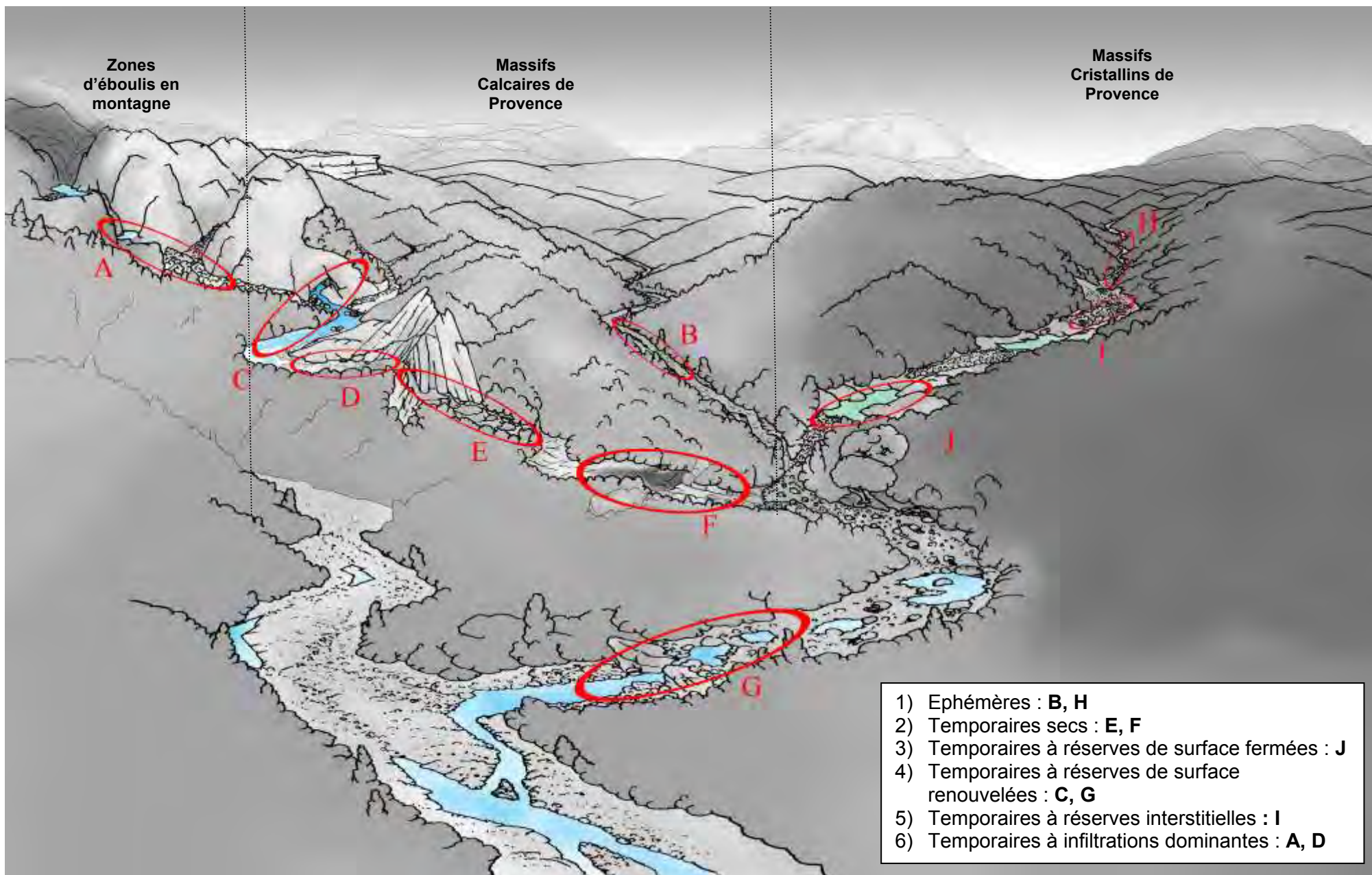


Figure 4 : Diversité des milieux lotiques temporaires sur un bassin versant type de la région PACA

6.2 *Fiches par type de milieux lotiques temporaires*

Afin de synthétiser l'ensemble des points abordés dans le chapitre précédent, les différents types de milieux temporaires de la région PACA, sont présentés sous forme de fiche. L'accent est mis sur le caractère fonctionnel des secteurs du lit servant de refuge à la faune résiduelle. Les caractéristiques faunistiques sont mentionnées au travers des invertébrés et des peuplements piscicoles, qui à des niveaux différents intègrent les particularités hydrologiques des zones refuges.

Il convient de rappeler que ces zones refuges, à partir desquelles est basée la typologie permettent de décrire, de comprendre et souvent d'anticiper le peuplement faunistique observé sur un linéaire. Toute la richesse d'un peuplement à l'échelle d'un cours d'eau dit temporaire dépendra de la diversité en milieux refuges, à partir desquels la recolonisation de l'ensemble du linéaire est permise.

Pour cette raison, nous avons choisi de parler de *milieux lotiques temporaires*, dont le nombre, la nature et la diversité sur un linéaire conféreront toutes les caractéristiques faunistiques à un *cours d'eau temporaire*.

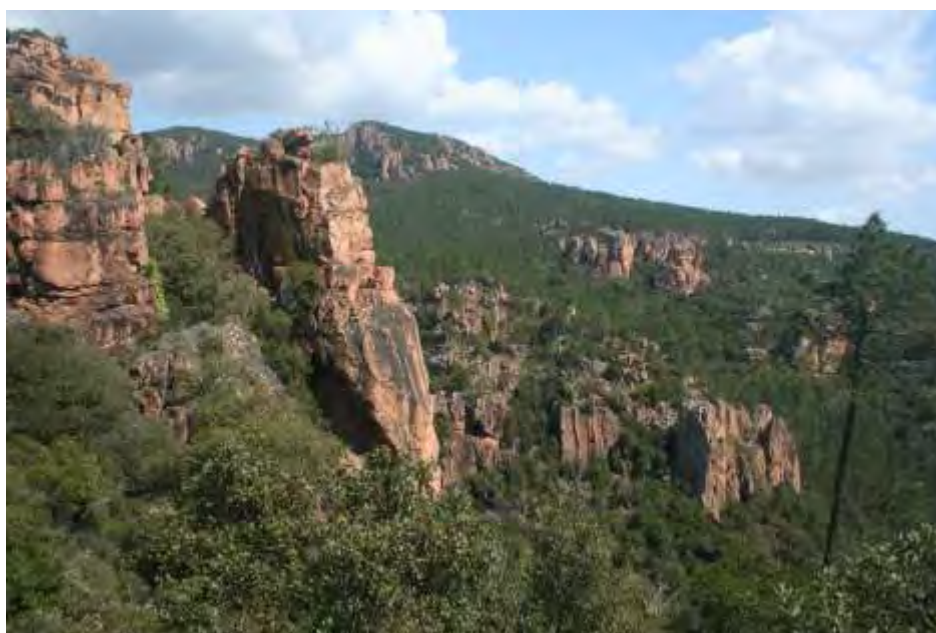



Photo 19 : Gorges du Blavet dans le massif de l'Estérel, affluents temporaires en rive gauche de l'Argens

1. Ephémère

	Référence du type	
	Ravins nombreux et petits vallons	
	Autres cours d'eau du type	
	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement discontinu. Cumul inférieur à 6 mois	Aucune possibilité de réserve. Ne coule qu'après de fortes pluies
Géologie	Varié (cristalline ou sédimentaire)	
INVERTEBRES BENTHIQUES		
	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Peuplement aquatique absent	Possibilités de colonisation par quelques Diptères à développement très court uniquement
Espèces repères	Aucune	
Taxons les plus polluosensibles	Aucun	
POISSONS		
Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement	Aucun	Ecoulement trop bref pour permettre l'établissement d'un peuplement viable

1. Temporaire sec


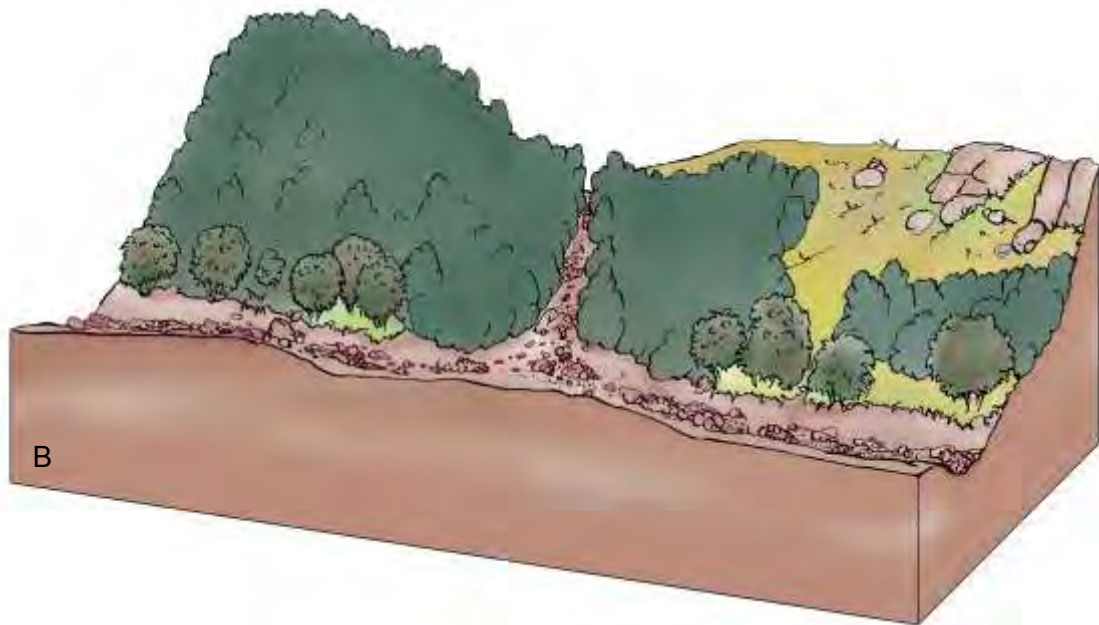
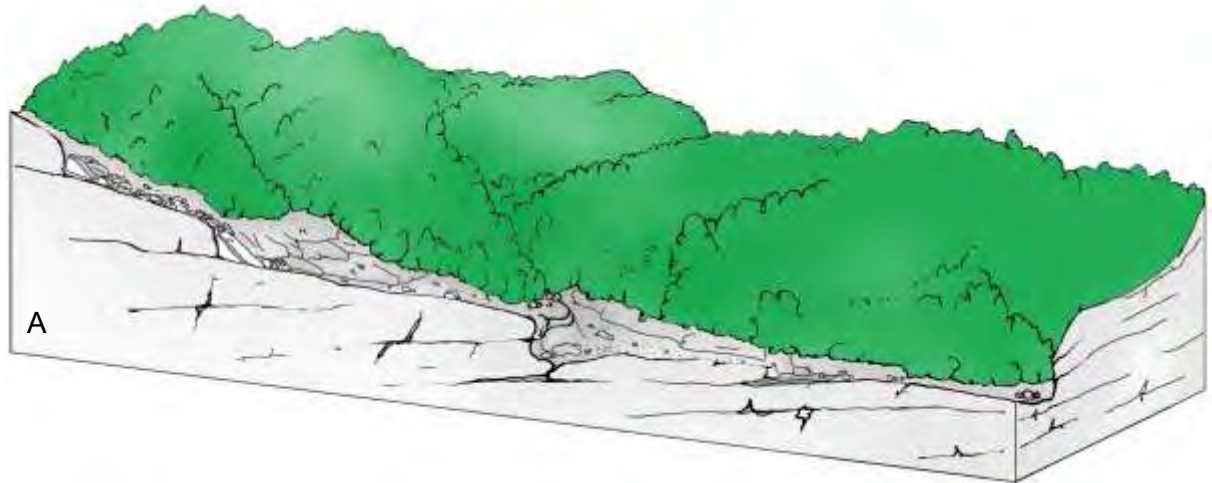
		Référence du type
		Cours principal de l'Arc dans sa partie amont (13)
		Autres cours d'eau du type
		Nombreux petits vallons non identifiés
	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement continu pendant au moins 6 mois par an	Aucune possibilité de réserve
Géologie	Varié (cristalline ou sédimentaire)	
INVERTEBRES BENTHIQUES		
	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Richesse réduite	Pas de possibilités de maintien de la faune durant l'exondation : peuplement dépendant des migrations aériennes des milieux proches.
Espèces repères	Aucune	Variabilité du peuplement en fonction de la saison
Taxons les plus polluosensibles	Aucun	Possibilité des espèces les plus sensibles réduites du fait de l'absence de zone refuge
POISSONS		
Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement résiduel	Inexistant (ou cyprinicole dominant)	Possibilité de remontée des poissons des milieux situés en aval
Espèces repères	Aucune	Peuplement aléatoire dépendant des milieux permanents localisés en aval

Figure 5 : Les milieux lotiques temporaires secs

A : Temporaires secs en zone calcaire ;
B : Temporaires secs en zone cristalline.



Dans les **milieux lotiques temporaires secs**, l'absence de réserves d'eau de surface ou souterraine empêche la faune de se maintenir dans le lit du cours d'eau lors de l'assec estival. La recolonisation du milieu par la faune ne peut se faire que par voie aérienne pour les insectes ailés ou par migrations des zones permanentes localisées en aval pour les poissons.

2. Temporaire à réserves de surface renouvelées


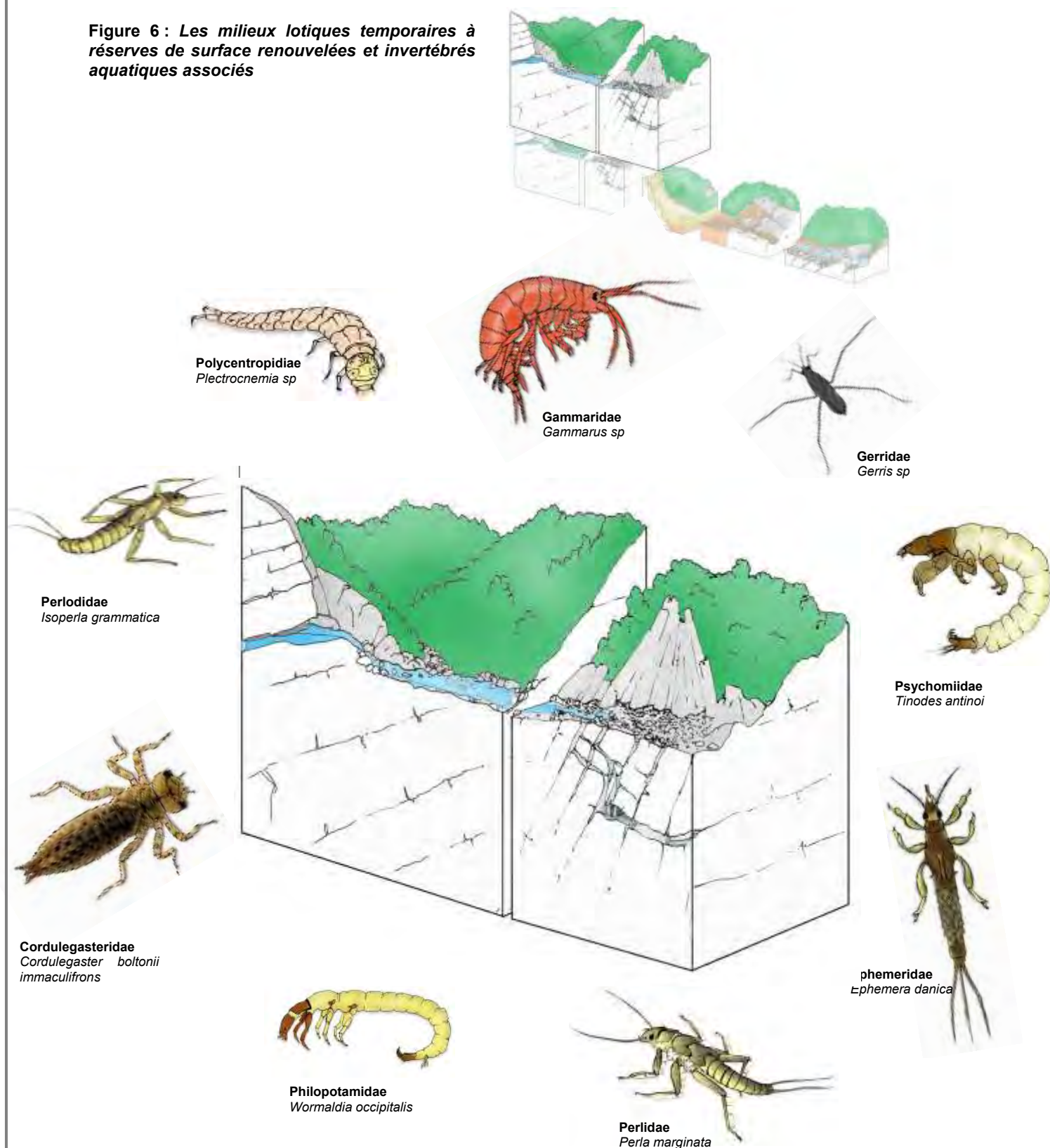
	Référence du type	
	Huveaune et affluents (83)	
	Autres cours d'eau du type	
	Nombreux affluents de l'Arc (13), de l'Argens (83)	
	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement continu pendant au moins 6 mois par an	Réserves de surface renouvelées par écoulements souterrains et/ou apports de nappes
Géologie	Variée (cristalline ou sédimentaire), mais majoritairement calcaire	En zone cristalline, le contact avec une nappe alluviale peut dans de rares cas maintenir des trous en eau
INVERTEBRES BENTHIQUES		
	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Richesse proche des milieux permanents	Maintien d'invertébrés à cycle long sténothermes et holobiotiques (Gammaridae, Perlidae, Cordulegasteridae)
Espèces repères	<i>Gammarus</i> sp	Peuplements peu variables au cours de l'année
Taxons les plus polluosensibles	Perlidae, Ephemeridae, Leuctridae	Maintien des espèces les plus sensibles est dépendant de la bonne oxygénation du milieu donc du renouvellement
POISSONS		
Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement résiduel	Salmonicole	Survie des truites dépendant du renouvellement de la ressource et de la profondeur de la réserve
Espèces repères	Truite fario, vairon, barbeau méridional	Présence des poissons dépend avant tout de la profondeur des secteurs restant en eau

Figure 6 : Les milieux lotiques temporaires à réserves de surface renouvelées et invertébrés aquatiques associés



Dans ce type de milieu, il existe une **réserve de surface renouvelée** (apport de source par exemple), mais insuffisamment pour permettre un écoulement permanent sur l'ensemble du linéaire (pertes par infiltrations). Beaucoup d'espèces d'invertébrés qui présentent des cycles biologiques supérieurs à un an peuvent alors se maintenir dans ces trous d'eau, en particulier si la température reste fraîche. Des poissons sensibles comme les truites peuvent également subsister dans ce milieu.

3. Temporaire à réserves de surface « fermées »


		Référence du type
		Aille (83), certains tronçons de la Giscle (83)
		Autres cours d'eau du type
		Nombreux tronçon de cours d'eau de la Provence cristalline et calcaire
	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement continu pendant au moins 6 mois par an	Réserves de surface non renouvelées, conséquence d'un substrat « étanche » (roche mère)
Géologie	Variée (cristalline ou sédimentaire), mais majoritairement cristalline	Les trous restant en eau sont isolés, généralement en contact avec la roche mère
INVERTEBRES BENTHIQUES		
	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Concentration durant l'assec des taxons le plus résistants et/ou de taxons prédateurs	Maintien d'invertébrés à cycle long résistants au manque d'oxygène
Espèces repères	Dytiscidae, Nepidae, Notonectidae	Famille d'invertébrés colonisant d'habitude les milieux stagnants
Taxons les plus polluosensibles	Aucun	Taxons les plus sensibles disparaissent au profit des espèces résistantes. Leur présence au cours de la phase inondée dépend des migrations venues de l'amont
POISSONS		
Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement résiduel	Cyprinicole d'eau vive	Les températures élevées empêchent le maintien de la truite
Espèces repères	Barbeau méridional, Chevaine	Présence de « trous » permet le maintien de certains poissons

Figure 7 : Les milieux lotiques temporaires à réserves de surface « fermées » et invertébrés aquatiques associés



Nepidae
Nepa sp



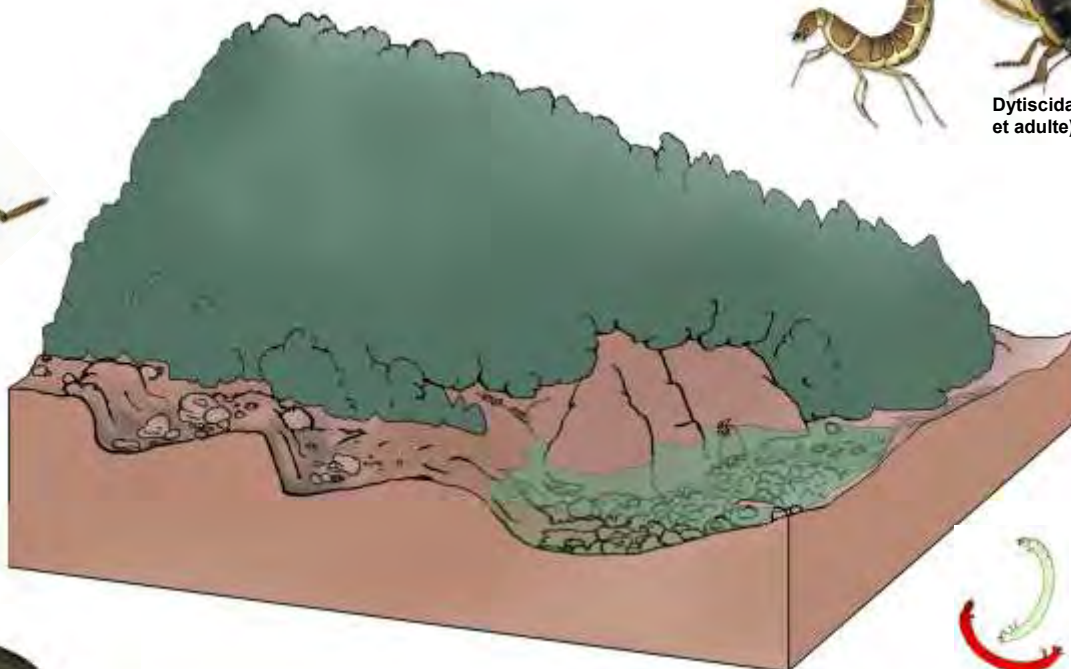
Veliidae
Velia rivulorum



Dytiscidae (larve et adulte)



Notonectidae
Notonecta glauca



Chironomidae
Chironomus sp



Gyrinidae
Gyrinus sp



Physidae
Physa sp



Aeshnidae
Aeshna affinis

Dans les **milieux lotiques à réserves de surface fermées**, l'absence (ou le très faible renouvellement) de l'eau lors de l'assec entraîne une dégradation de la qualité du milieu. Les invertébrés qui subsistent dans ces zones refuges présentent une certaine tolérance aux baisses de concentration en oxygène, à l'instar de certaines larves de libellules et de Diptères. D'autres respirent à l'air libre (Nepidae, Dytiscidae). De plus, quelques espèces de poissons comme le Chevaie ou le barbeau méridional peuvent se maintenir dans ces trous d'eau.

4. Temporaire à infiltrations dominantes


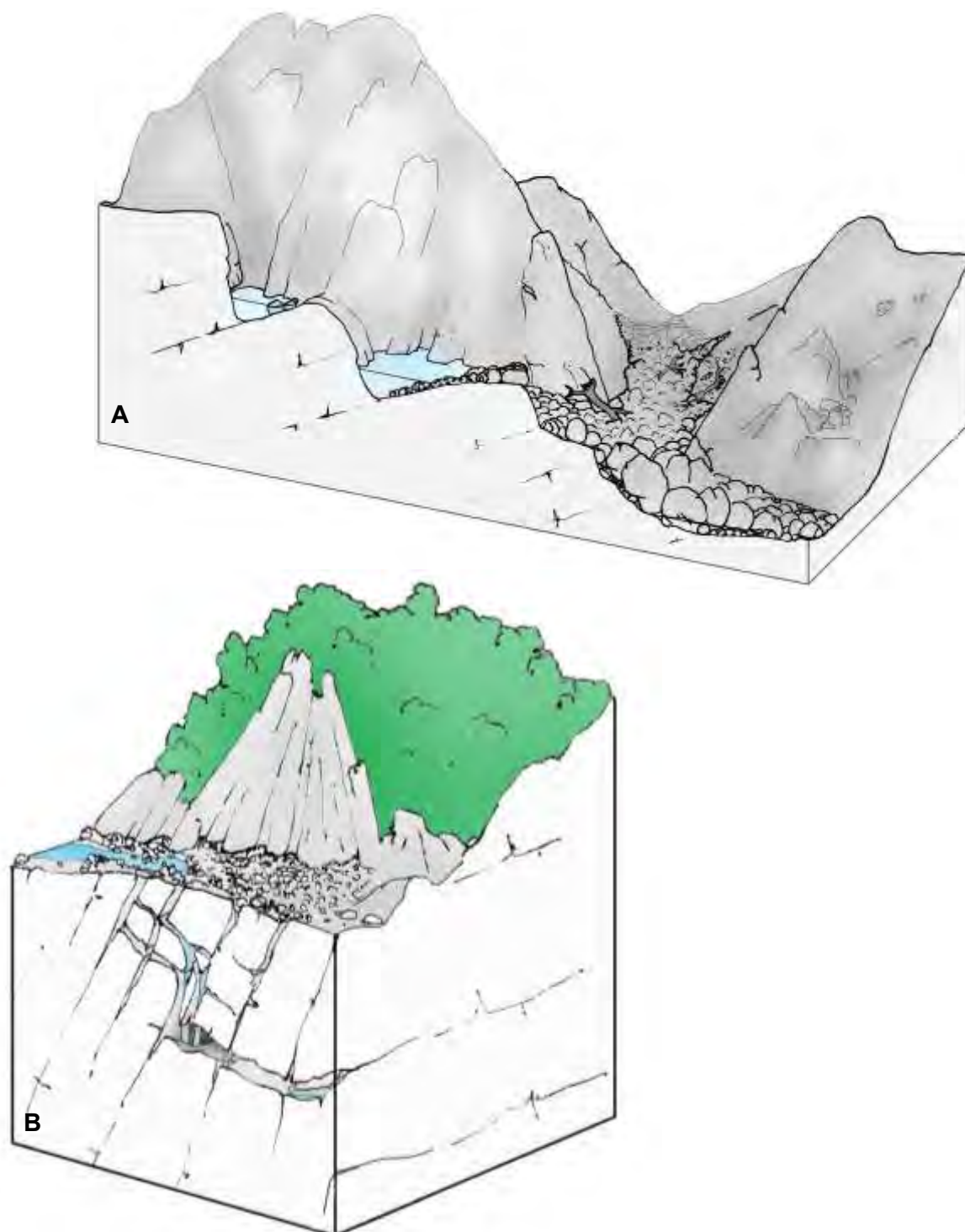
		Référence du type
		Nesque (84)
		Autres cours d'eau du type
		Nombreux tronçon de cours d'eau de la Provence calcaire, des Préalpes du Sud
	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement continu pendant au moins 6 mois par an	Aucune réserve de surface ; réserve souterraine existante, mais inaccessible
Géologie	Variée (cristalline ou sédimentaire), mais majoritairement calcaire	Pertes existant également dans les milieux alluvionnaires (montagne)
INVERTEBRES BENTHIQUES		
	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Richesse réduite	Pas de possibilités de maintien de la faune durant l'exondation : peuplement dépendant des migrations aériennes des milieux proches ou des apports d'amont
Espèces repères	Aucune	Variabilité du peuplement en fonction de la saison
Taxons les plus polluosensibles	Aucun	Possibilité des espèces les plus sensibles réduites du fait de l'absence de zone refuge
POISSONS		
Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement	Inexistant si absence de poisson en amont et impossibilité de remontée des poissons des milieux situés en aval	Possibilité de remontée des poissons des milieux situés en aval ou en amont
Espèces repères	Aucune	Peuplement aléatoire dépendant des milieux permanents localisés en aval

Figure 8 : Les milieux lotiques temporaires à infiltrations dominantes

A : Cas des zones d'éboulis dans les cours d'eau montagnards ;

B : Cas des zones d'infiltrations dans les cours d'eau des régions calcaires.



Dans les **milieux lotiques temporaires à infiltrations dominantes**, l'écoulement se perd en profondeur dans le substratum. Il est donc inaccessible pour les invertébrés aquatiques vivant habituellement dans le cours d'eau. La recolonisation faunistique de la partie du cours d'eau qui se trouve asséchée dépend uniquement des réserves permanentes localisées en amont quand elles existent.

5. Temporaire à réserves interstitielles



Référence du type

Affluents de la Giscle (83)

Autres cours d'eau du type

Nombreux tronçons de cours d'eau de la Provence cristalline, mais aussi calcaire affluents de l'Arc (13)

	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Hydrologie	Ecoulement continu pendant au moins 6 mois par an	Réserves souterraines dans la nappe alluviale accessible aux invertébrés benthiques
Géologie	Variée (cristalline ou sédimentaire), mais majoritairement cristalline	Accumulation suffisant d'alluvions perméables

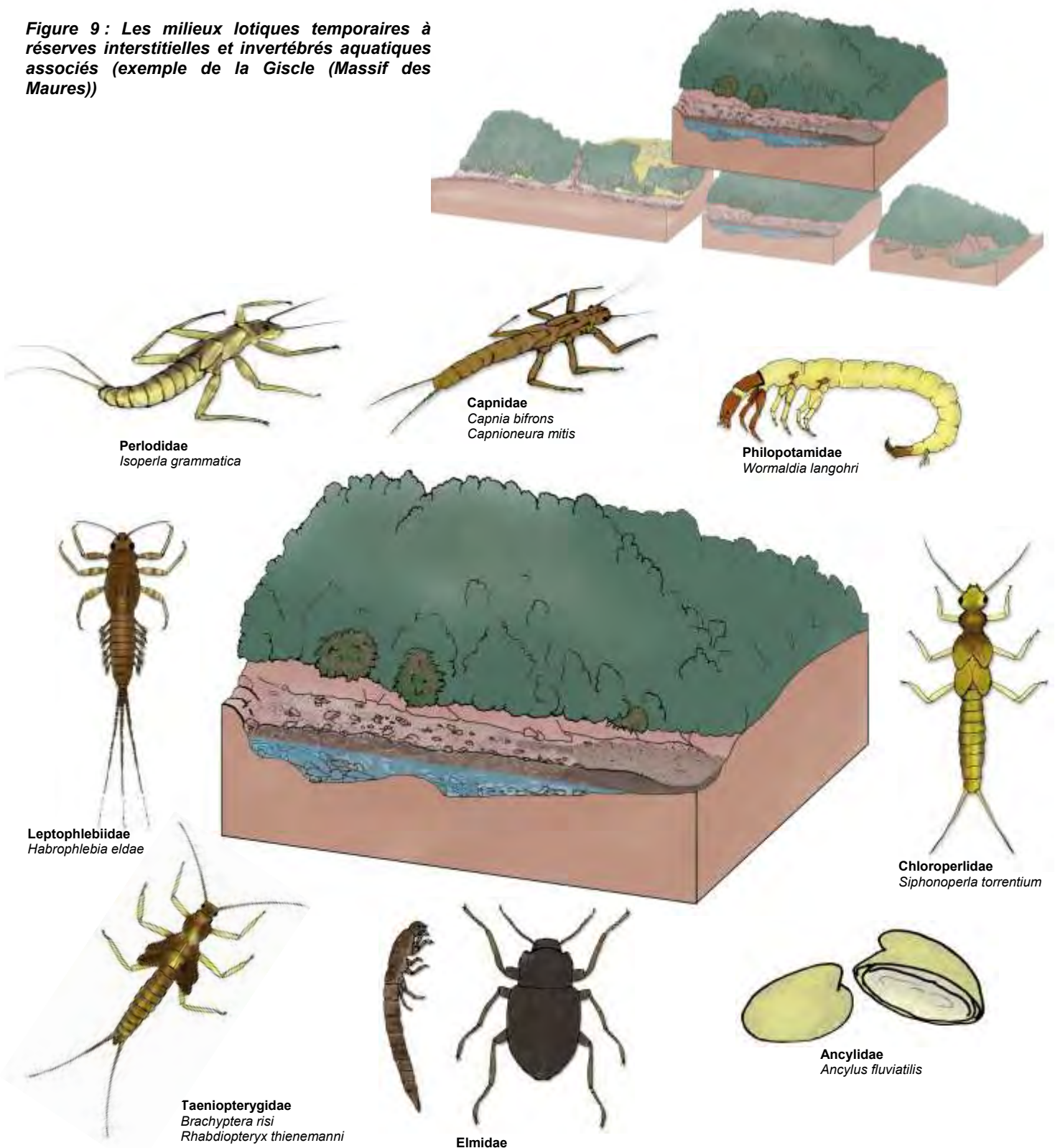
INVERTEBRES BENTHIQUES

	Caractéristiques	Commentaires
Caractéristiques faunistiques	Espèces adaptées à l'assèchement du lit : <i>Habrophlebia eldae</i> , <i>Siphonoperla torrentium</i> , <i>Isoperla grammatica</i> , <i>Ancylus fluviatilis</i> , <i>Oulimnius rivularis</i> . <i>Capnia bifrons</i>	Existence d'espèces endémiques rares dans certains bassins versants: <i>Wormaldia langohri</i> , <i>Rhabdiopteryx thienniemani</i>
Espèces repères	Absence des taxons permanents non adaptés et présence de taxons adaptés à l'assèchement du cours d'eau.	Peuplement dépendant du maintien du sous écoulement (zone hyporhéique)
Taxons les plus polluosensibles	Capniidae, Perlodidae, Taeniopterygidae, Chloroperlidae	

POISSONS

Traits	Caractéristiques	Exemple et commentaires
Peuplement résiduel	Aucun	Maintien des poissons impossible, car absence d'eau « libre »

Figure 9 : Les milieux lotiques temporaires à réserves interstitielles et invertébrés aquatiques associés (exemple de la Giscle (Massif des Maures))



Dans les milieux lotiques temporaires où persiste au cours de l'assec estival une **réserve d'eau interstitielle**, un peuplement typique d'invertébrés peut se maintenir dans le lit du cours d'eau. Ils présentent pour certains la capacité de s'enfouir dans le substrat et pour d'autres de rentrer dans une phase de quiescence durant laquelle le développement s'arrête. Ce type de milieu concentre la part la plus originale du peuplement invertébré des milieux temporaires, dont quelques espèces comme *Wormaldia langohri* sont endémiques. Les poissons sont quant à eux absents de ce type de milieu.

6.3 Importance des connexions

La typologie comme elle est précédemment décrite, ne tient volontairement pas compte d'un facteur important : *l'existence de connexions avec un milieu dulçaquicole lotique permanent*.

Comme nous l'avons dit dans le paragraphe 3.6.3, une part non négligeable des cours d'eau présentant un linéaire totalement temporaires sont des petits fleuves côtiers, essentiellement localisés dans la partie sud du massif des Maures et de l'Estérel. Près de 60 % des milieux temporaires décrits sont des affluents de cours d'eau permanents.

- **Cas des cours d'eau temporaires confluant avec un cours d'eau principal permanent**

La connexion avec un milieu permanent dulçaquicole influence directement la nature du peuplement faunistique. Les espèces animales capables de se déplacer activement comme les poissons peuvent au cours de la période de mise en eau coloniser les affluents temporaires. Cette migration peut jouer un rôle majeur dans le *cycle biologique* des espèces. Ainsi, les truites fario vivant dans la partie haute du Gapeau (massif de la Ste Baume) remontent en hiver se reproduire dans le Latay, affluent temporaire localisée dans la partie amont. Les salmonidés trouvent alors les conditions thermiques et granulométriques favorables à l'établissement des frayères. Avant l'assèchement du lit qui a lieu habituellement au cours du mois de juin, cette espèce peut donc profiter de la mise en eau de l'affluent pour accomplir son cycle. Au cours de l'assec estival, les trous d'eau alimentés par des résurgences dans la partie amont (réserves de surfaces renouvelables) accueillent le peuplement résiduel de truites adultes.

Le déplacement des poissons des milieux permanents localisés en aval vers les affluents temporaires assure également *la recolonisation du milieu* en cas d'évènement exceptionnel, comme une crue d'ampleur majeure ou une sécheresse complète du lit dans le cas de temporaire à réserves. Cette migration permet aussi le brassage génétique des populations.

Les connexions entre milieux permanents et milieux temporaires peuvent également s'exprimer de manière contraire. Dans la région méditerranéenne, le cours principal et la zone inférieure des principaux cours d'eau sont soumis à une pression anthropique (effluents urbains, rejets agricoles) qui influence directement la qualité du milieu. La richesse faunistique s'en trouve appauvrie. Cette richesse est plus importante dans les affluents temporaires non perturbés du cours supérieur, qui présentent un peuplement d'invertébrés comprenant à la fois des éléments caractéristiques des milieux temporaires, et des espèces colonisant les milieux permanents. Ces affluents jouent donc ici un rôle de réservoirs biologiques, à partir desquels la recolonisation de l'aval est possible. Ce rôle majeur de ses tributaires dans le maintien de la diversité à l'échelle du bassin versant a été démontré sur l'Arc, rivière côtière méditerranéenne de la région d'Aix en Provence (Maasri et al, 2008).

- **Cas des cours d'eau temporaires confluant avec le milieu marin (temporaires côtiers)**

Dans les cours d'eau temporaires confluant directement dans le milieu marin, les possibilités de recolonisation du peuplement piscicole sont limitées aux espèces dulçaquicoles survivant dans les zones refuge quand elles existent, et également, aux espèces migratrices effectuant une partie de leur cycle dans le milieu salé. On peut citer, l'exemple de l'anguille dans les fleuves côtiers méditerranéens.

Pour cette raison, l'isolement de ces bassins versants côtiers les rend particulièrement vulnérables aux perturbations majeures comme les crues violentes, les pollutions ou les sécheresses totales du lit. Ceci est particulièrement vrai pour les poissons qui ne peuvent pas se soustraire au milieu aquatique. L'aménagement de l'embouchure qui compromettrait la migration des espèces amphibiotiques est également un frein à la recolonisation du milieu.

Dans le cas des invertébrés aquatiques, ceux qui présentent un stade ailé participent à la recolonisation par migration des milieux permanents connexes par voie aérienne. Quand les bassins versants sont isolés par les caractéristiques topographiques (altitude), les déplacements de la faune sont limités, même par voie aérienne. Les populations qui se trouvent ainsi déconnectées peuvent évoluer de manière spécifique et ainsi être à l'origine d'espèces endémiques (exemple du Trichoptère *Wormaldia langohri*).



**Photo 20 : Embouchure naturelle du Béliu (fleuve à écoulement temporaire)
dans le Golfe de St Tropez**

7 Fragilité des milieux lotiques temporaires et perspectives de gestion

7.1 Le maintien des zones refuges

L'étude des peuplements faunistiques vivant dans les milieux lotiques temporaires met rapidement en évidence l'importance des « poches » résiduelles d'humidité durant l'étiage estival.

Pour le peuplement piscicole, les réserves de surface à l'air libre conditionnent directement la survie des individus dans les tronçons temporaires. De plus, la recolonisation par les poissons de l'ensemble du réseau ne dépend que de ces réserves quand il n'existe pas de connexion avec de milieux permanents dulçaquicoles (cas pour des fleuves côtiers temporaires du littoral varois). Pour le peuplement invertébré, la richesse du peuplement est dépendante de la diversité des zones refuge. Les trous restant en eau en surface permettent le maintien d'espèces à cycle de vie nécessitant plusieurs années. La nappe alluviale résiduelle permet aux espèces pouvant s'enfouir dans le substrat de se maintenir durant l'assèchement superficiel du lit. La recolonisation de la totalité du cours d'eau lors de la remise en eau est directement dépendante de l'existence et de la nature de ces zones refuges. La survie de certaines espèces inféodées aux milieux temporaires ne tient qu'au maintien de ces zones, souvent concentrées sur des surfaces extrêmement réduites. Tout ce qui entraînerait la disparition de ces réservoirs biologiques précipiterait également la disparition de ces espèces. On comprend donc que leur maintien est essentiel pour ces écosystèmes lotiques particuliers.

▪ Limiter les prélèvements

Or plusieurs facteurs peuvent affecter les quantités d'eau résiduelles et leur qualité. Le premier est bien sûr les **pompages** qui limitent directement les ressources. Ils peuvent avoir lieu dans la nappe, dans les réserves de surfaces ou concerner les sources elles-mêmes (captage). Ils ont pour finalité l'approvisionnement en eau potable ou l'irrigation. Ces pompages, souvent individuels, sont difficilement recensables du fait de leur dispersion. Les besoins eau étant croissants durant l'été (fréquentation touristique, arrosage...), ces pompages sont maximaux au cours de la période estivale, au cours de laquelle le milieu dépend de manière vitale de la ressource hydrique. Dans les milieux de type « temporaire à réserves de surface renouvelables », la diminution des débits entrants par les prélèvements (captage de source par exemple), influence directement la qualité de l'eau, en particulier l'oxygénation), et le régime thermique. La sollicitation de la ressource en eau peut également avoir pour conséquence d'accentuer l'intensité de l'assec. Dans des cas extrêmes, ces réserves peuvent disparaître. Les prélèvements d'eau peuvent également précipiter la période du début d'assèchement du lit, ou retarder la mise en eau. Le premier point entraîne un risque de non-atteinte de la fin de la croissance larvaire pour les espèces dont le cycle est synchronisé avec le cycle hydrologique du cours d'eau. De plus, la rapidité de l'assèchement limite les capacités de suivi de la faune qui résiste à l'assèchement en s'enfouissant progressivement dans le substrat. Une remise en eau tardive peut également retarder la reprise de la croissance larvaire pour les espèces qui se trouve en quiescence dans le substrat, décalant également le cycle biologique.

- **Préserver la ripisylve**

La présence des espèces sténothermes dans les milieux temporaires méditerranéens de faible ordre de drainage une originalité écologique remarquable de ces milieux. Elle est permise grâce à l'existence de températures suffisamment fraîches dans les zones refuges, en particulier dans les milieux de type « temporaire à réserves interstitielles » ou « temporaire à réserve de surface ». Le régime thermique de ces milieux est influencé par le volume de la ressource et son renouvellement, mais également par l'exposition solaire, qui est directement dépendante de l'ombrage que procure la présence d'une ripisylve. Le maintien du couvert végétal est primordial pour préserver les caractéristiques thermiques et chimiques des zones refuges, et donc la survie des espèces qui en dépendent. Les éventuels débroussaillages des cours d'eau de la région doivent tenir compte de cette problématique.

7.2 Le maintien des connexions

Les différents types de milieux lotiques temporaires, comme ils ont été décrits, peuvent être au cours de la phase d'exondation déconnectés entre eux. Le retour de l'écoulement est le lien qui les unit et rend possible la recolonisation de l'ensemble du linéaire. Cette recolonisation du milieu est d'autant plus efficace que le cours d'eau ne présente pas d'obstacles à la libre circulation de la faune aquatique. La montaison des poissons peut, dans de nombreux cas, être entravée par la présence de seuils ou de barrage. La dérive des invertébrés de l'amont vers l'aval, qui constitue le moyen de dispersion le plus efficace des différentes espèces lors des stades aquatiques, peut également être limitée par l'existence de retenues qui limitent la portée des « coups » d'eau. Les secteurs temporaires situés en aval, ou les secteurs permanents ayant souffert d'éventuelles perturbations se trouvent donc à l'écart de ces migrations régénératrices.

Comme nous l'avons déjà dit, les connexions entre un affluent temporaire et un milieu permanent sont très importantes, en particulier pour les espèces piscicoles qui par montaison peuvent regagner l'ensemble du lit au cours de la phase d'inondation.

Pour les milieux temporaires confluant directement avec le milieu marin (cas des fleuves temporaires du Var), la recolonisation par les espèces d'eau douce ne dépend que des secteurs du lit restés en eau au cours de l'exondation. La recolonisation par les espèces amphihalines comme l'anguille dépend directement de l'existence d'une embouchure libre avec le milieu marin. Pour la préservation de cette espèce, qui constitue dans ces milieux l'élément dominant du peuplement piscicole, les aménagements de la partie basse des cours d'eau doivent intégrer la nécessité de maintenir une connexion efficace entre les deux milieux.

7.3 Les apports d'eau anthropiques

Les retours d'eau « anthropiques » dans les cours d'eau temporaires, notamment en période d'étiage et d'assec, sont souvent perçus en première lecture comme une des conséquences positives de l'activité humaines. Deux remarques

- La qualité des eaux restitués : la qualité des eaux participe autant à la bonne fonctionnalité écologique des milieux que les débits restitués. Un rejet de station d'épuration s'il peut paraître intéressant un point de vue écoulement présente des valeurs physicochimiques qui vont généralement amplifier les contraintes de l'étiage (baisse de la teneur en oxygène, réchauffement des eaux, enrichissement organiques d milieu, ...)
- La conservation des états de référence : les cours d'eau temporaires sont une des composantes de l'écologie générale des milieux méditerranéens. Au sens défini par la DCE, ils représentent un état de référence et participe à la diversité d'habitat européenne. Le soutien d'étiage artificiel, même avec des eaux de bonne qualité se traduira par une artificialisation du cours d'eau au regard de son état de référence.

8 Recommandations pour les prélèvements d'invertébrés dans les milieux lotiques temporaires

Il est stipulé dans les protocoles normalisés d'échantillonnage de la faune benthique (pour la détermination de l'IBGN comme pour les prélèvements dans le cadre du réseau de contrôle de surveillance (DCE)), de réaliser les prélèvements en période de basses eaux, afin de faciliter la mise en évidence des perturbations. Cette période de basses eaux correspond, pour les cours d'eau à régime pluvial sous influence méditerranéenne, à l'étiage estival.

Dans les milieux lotiques temporaires, l'étiage estival est caractérisé par l'assèchement du lit. Le préleveur est alors confronté à un dilemme : à quelle période réaliser les prélèvements dans ces milieux pour rendre compte de leur qualité biologique ?

En relation avec le caractère cyclique marqué des peuplements d'invertébrés dans les cours temporaires, plusieurs réponses peuvent être apportées.

Dans le cadre d'étude visant à rendre compte de la richesse et du fonctionnement de ces milieux, un minimum de deux campagnes de prélèvements est recommandé. La première peut s'effectuer en hiver (janvier/février), afin d'intégrer la présence d'espèces très pollu-sensibles à développement hivernal qui émergent très tôt dans la saison (entre janvier et mars). C'est le cas par exemple des Plécoptères Taeniopterygidae (*Brachyptera risi* par exemple) et Capniidae (*Capnioneura mitis*, *Capnia bifrons*). Cette campagne hivernale permet également de rendre compte des capacités de résilience de la faune qui a eu le temps depuis la remise en eau automnale de recoloniser l'ensemble du linéaire temporaire.

La seconde campagne peut être réalisée au début de la phase d'exondation (généralement, mai/juin pour une année hydrologique moyenne). Elle a pour but de rendre compte de la richesse maximale du peuplement faunistique, qui à cette période de l'année se compose à la fois d'espèces rhéophiles en fin de cycle larvaire (*Habrophlebia* sp, *Isoperla* sp, *Glossosoma* sp, *Hydropsyche* sp...) et d'espèces lénitophiles colonisant les zones de courants lents (Coléoptères Dytiscidae, Héteroïptères Notonectidae...).

Si une seule campagne de prélèvement est demandée, dans le cadre de suivis annuels de la qualité par exemple, c'est cette dernière période (mai/juin) qui est privilégiée pour rendre compte du maximum de diversité dans un contexte hydrologique contraignant (débit à la baisse) exacerbant les éventuelles pollutions. À cette saison, les principales espèces pollu-sensibles naturellement retrouvées dans ces milieux, sont encore présentes dans le cours d'eau (Perlodidae *Isoperla*, Chloroperlidae *Siphonoperla*). Elles peuvent donc être prises en compte dans le calcul de la note IBGN.

9 Conclusion

La région Provence Alpes Côte d'Azur présente un nombre important de cours d'eau subissant un assèchement de leur lit au cours de la période estivale. Ces milieux, qui ont fait l'objet d'études faunistiques au cours des années 70, présentent un peuplement remarquable. Dans le cadre de l'application de la Directive Cadre Européenne et des objectifs affichés d'atteinte du bon état, la question de leur prise en compte s'est posée. Il s'est avéré qu'un manque de connaissances de ces cours d'eau existait. Cette étude a pour objectif de révéler les différentes caractéristiques de ces milieux à l'échelle régionale.

La bibliographie renseigne sur les traits bio-écologiques généraux de cette faune. Les invertébrés qui vivent dans ces milieux présentent certaines spécificités dont les plus remarquables sont les suivantes : rareté des espèces à cycle long ou holobiotiques, présence d'espèces dont le cycle biologique est adapté au cycle hydrologique, et/ou pouvant s'enfouir dans les sédiments humides, présence de certaines espèces endémiques... Bien que présentant un fond faunistique particulier, le peuplement est au cours de la phase inondée très proche des milieux permanents. On retrouve des espèces rhéophiles typiques du rhithral, dont certaines sténothermes. Au cours de la phase d'exondation, l'évolution des conditions physico-chimiques influence la composition du peuplement, marquée alors par l'augmentation du nombre d'espèces lénitophiles et prédatrices (Coléoptères Dytiscidae, nombreux hétéroptères). Lors de l'assec, ne subsistent après la migration des stades aériens, que les espèces les plus adaptées. Cette succession faunistique au cours d'un cycle hydrologique rend le peuplement des cours d'eau temporaires particulièrement riche.

La cartographie des milieux lotiques temporaires de la région PACA révèle une hétérogénéité régionale marquée. Les plus faibles concentrations de milieux lotiques temporaires sont observées dans les régions montagnardes des Alpes du Sud où le régime nival dominant limite les assecs estivaux. Dans ces cours d'eau, l'étiage est hivernal et peut se traduire par un arrêt de l'écoulement, voire par une prise en glace totale du milieu. Le peu de connaissances concernant l'écologie de ce type de milieu, également temporaire, ne nous a pas permis de les intégrer dans cette étude.

Les cours d'eau temporaires sont surtout rencontrés dans l'hydroécorégion méditerranéenne, et plus particulièrement dans le massif des Maures et de l'Estérel où la géologie, en concomitance avec le climat, joue un rôle prépondérant. En effet, dans ce massif où presque 80 % des milieux lotiques sont temporaires, le caractère cristallin des roches limite l'existence de réserves souterraines, qui assurent le soutien du débit d'étiage dans certains cours d'eau méditerranéens s'écoulant sur un substratum calcaire. Il apparaît également que la majorité des cours d'eau temporaires sont des affluents de rivières permanentes. La recolonisation piscicole après l'assec dépendra donc de ces connexions. Près de 30 % des milieux temporaires n'ont pas un écoulement intermittent sur l'ensemble de leur linéaire, mais présentent un ou plusieurs tronçons s'asséchant durant l'été. Près de 15 % des milieux lotiques temporaires recensés sont des fleuves entièrement temporaires, recensés essentiellement sur la frange littorale des massifs des Maures et de l'Estérel dans le Var.

De cet essai de classement des cours d'eau temporaires, il ressort rapidement qu'il n'existe pas de « types » de cours d'eau temporaires, mais bien une mosaïque de milieux temporaires, caractérisés par un facteur primordial pour les organismes aquatiques, *le maintien de zones refuges où persiste de l'humidité résiduelle lors de la phase d'assec*. En fonction de l'existence ou non de ces zones, de leur nature et de leur nombre sur un linéaire, on peut distinguer différents modes fonctionnels influençant directement la composition des peuplements faunistiques. Dans les milieux lotiques éphémères, l'écoulement est trop discontinu et de durée trop faible pour permettre à un peuplement faunistique de se maintenir.

Dans les milieux lotiques temporaires secs, l'écoulement est supérieur à 6 mois, mais les capacités de recolonisation après l'assec dépendent uniquement des connexions du cours d'eau avec des milieux permanents, les zones de refuges étant inexistantes sur le linéaire.

Dans les milieux temporaires à réserves d'eaux libres fermées, le renouvellement de la réserve est trop limité pour maintenir des conditions thermiques et chimiques favorables aux espèces sténothermes et polluo-sensibles. Seules subsistent les espèces résistantes aux faibles concentrations en oxygène. Dans les fleuves côtiers temporaires, ces trous d'eau sont parfois les seuls réservoirs biologiques permettant la recolonisation du milieu pour les espèces piscicoles comme les chevaines, les anguilles ou les barbeaux méridionaux. Dans les milieux lotiques temporaires à réserves de surface renouvelées, la qualité de l'eau et une température fraîche sont maintenues grâce à des apports de nappe. Ces apports conditionnent la présence d'espèces sténothermes et polluo-sensibles. Des invertébrés à cycles longs (crustacées, mollusques) peuvent alors se maintenir, ainsi que des espèces piscicoles sténothermes (truite fario, vairon).

En l'absence de connexions avec des milieux dulçaquicoles permanents, les espèces piscicoles ne survivent dans les milieux temporaires qu'à la faveur de ces zones refuges de surface, où la présence d'eau libre suffisamment profonde conditionne leur survie. Dans les milieux lotiques temporaires à réserves interstitielles, le maintien des poissons n'est pas assuré. Seules les espèces d'invertébrés présentant la capacité de s'enfouir dans une nappe alluviale résiduelle, en rentrant en quiescence ou non, peuvent subsister. C'est généralement cette part du peuplement qui présente les espèces les plus originales, comme la présence d'endémiques.

A l'échelle d'un cours d'eau temporaire, la richesse faunistique de l'ensemble du linéaire est dépendante de la diversité en milieux lotiques temporaires, définis par la présence et la forme des zones refuges au cours de l'assec estival. Ces réservoirs biologiques, qui sont à la base de la recolonisation de l'ensemble du cours d'eau lors de la remise en eau, présentent une surface réduite et sont dépendants des caractéristiques hydrogéologiques locales des bassins versants. Il est donc nécessaire d'intégrer ces hétérogénéités spatiales à l'échelle d'un linéaire pour évaluer efficacement le fonctionnement de ces hydrosystèmes particuliers et en assurer la protection. Le maintien du peuplement est soumis au bon maintien des zones refuges. Celles-ci peuvent être fragilisées par le caractère aléatoire du climat d'une année sur l'autre et les évolutions climatiques (réchauffement). De plus, leur localisation extrêmement disséminée à l'échelle d'une région où les demandes en eau sont croissantes, les rend particulièrement vulnérables aux perturbations locales. Ainsi, le stress occasionné pour le peuplement par la sécheresse estivale ne doit pas être exacerbé par les prélèvements. Le couvert végétal offre au milieu un ombrage permettant de limiter le réchauffement des eaux au cours de cette période critique. Il est primordial d'encourager son maintien pour préserver les conditions thermiques nécessaires à l'établissement d'une faune sténotherme, relativement rare dans un contexte méditerranéen.

Dans les milieux temporaires subissant un assec total du lit (temporaires secs), l'absence de zones refuges ne doit pas faire oublier leur fonctionnalité au cours d'un cycle hydrologique complet. Ainsi, certains affluents s'asséchant durant l'été peuvent accueillir au cours de l'hiver une population de truites reproductrices qui ne trouve pas ailleurs les conditions nécessaires au frai. Cette colonisation du milieu au cours de la phase inondée est rendue possible grâce au maintien de connexions permettant la libre circulation des espèces.

Les milieux lotiques temporaires présentent donc, dans l'écologie des hydrosystèmes méditerranéens où ils tiennent une place importante, un rôle fonctionnel parfois essentiel qui se mesure à la fois dans l'espace et dans le temps. Ils doivent donc pour cette raison être pris en compte comme un écosystème lotique à part entière. Mais l'intérêt écologique ne doit pas justifier l'assèchement de milieux permanents. La formation d'un peuplement adapté aux conditions de temporalité s'est faite sur une période géologique très longue. L'accentuation des assecs par les prélèvements ne peut pas jouer en la faveur des milieux, les espèces n'ayant pas le temps de s'adapter.

Annexe 1 : Caractéristiques des HER 2 de la région PACA

HER de rang 1	HER rang 2	Géologie	Climat	Relief
Alpes internes	Massif de l'Oisans	Massifs cristallins	climat montagnard à tendance continentale (glaciers)	Pentes élevées, altitudes très élevées (jusqu'à 4000 m)
	Alpes internes du Sud	Roches hétérogènes	climat montagnard à tendance sèche (absence de glaciers)	Pentes élevées, altitudes élevées (jusqu'à 3000 m)
Préalpes du sud	Gapençais Embrunais	Dépression marneuse	climat assez sec sous influence méridionale et montagnarde	Pentes parfois marquées, altitudes peu élevées (jusqu'à 800 m)
	Dévoluy Vercors Sud	Calcaires et marnes	climat montagnard à tendance continentale	Pentes élevées, altitudes élevées (jusqu'à 2600 m)
	Préalpes Dromois Baronnies	Roches marno-argileuses	climat montagnard à influences méridionales	Pentes soutenues, altitudes assez élevées (jusqu'à 1600 m)
	Plateau calcaire de Provence, Ventoux	Calcaires massifs	Influences méridionales dominantes	Pentes soutenues en bordure de plateau, altitudes assez élevées (jusqu'à 2000 m)
	Préalpes Dignes Haute vallée du Var	Roches hétérogènes	climat montagnard à influences méridionales	Pentes élevées, altitudes assez élevées (jusqu'à 2000 m)
	Plateaux calcaires de Provence	Roche mère calcaire, systèmes karstiques dominants	climat montagnard à influences méridionales	Pentes élevées, altitudes moyennes
Méditerranéen	Plaine méditerranéenne	Alluvions du Rhône entrecoupées de collines calcaires	Méditerranéen	Relief de plaines, avec quelques collines (altitude jusqu'à 500 m)
	Collines de Basse Provence	Roches hétérogènes, dominées par des formations détritiques assez érodables	Méditerranéen	Relief de collines (altitude jusqu'à 1000 m), pentes moyennes
	Plaine littorale méditerranéenne	Déla du Rhône et étangs palavasiens	Méditerranéen	Plaine littorale, pentes nulles
	Collines calcaires de Basse Provence	Roche mère calcaire, systèmes karstiques localisés	Méditerranéen	Relief de collines (altitude jusqu'à 1000 m), pentes moyennes
	Maures Estérel	Roches anciennes de type granitique, sous-sol imperméable	Méditerranéen	Relief de collines (altitude jusqu'à 650 m), pentes assez fortes