Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau

Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie
Office fédéral des routes

Dipartimento federale dei trasporti, delle comunicazioni e delle energie
Ufficio federale delle strade

Protection des batraciens le long des routes

Schutz der Lurche im Strassenbereich

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne,
LAVOC - Sécurité Faune/Trafic
ECONAT, Bureau d'études en écologie appliquée
S. Müller, Ing. dipl. EPFZ
G. Berthoud, dr ès sciences

Mandat de recherche 26/74 sur proposition de
l'Union des professionnels suisses de la route (VSS)

Juin 1986

S O M M A I R E

		page
1.	Introduction	1
1.1	Buts de ce rapport	1
1.2	Historique de la recherche en Suisse et en Europe	1
1.3	Documentation générale	2
1.4	Espèces présentes en Suisse	2
2.	Description du phénomène des migrations	4
2.1	Cause des migration	4
2.2	Les différentes périodes de migration	4
2.3	Espèces concernées et types dominant de migration	6
2.4	Phénologie des migrations	7
2.5	Influence des conditions météorologiques	8
2.6	Horaire d'activité migratoire	10
3.	Dynamique des populations	11
3.1	Espérance de vie	11
3.2	Fluctuation des populations	12
3.3	Causes de mortalité	15
3.4	Influence de la mortalité routière sur la taille des populations	15
4.	Le milieu vital des batraciens	19
5.	Comportement migratoire	21
5.1	Orientation et cheminement	21
5.2	Accouplement et locomotion	22
5.3	Comportement devant un obstacle	22
6.	Mesures de protection	24
6.1	Création d'un nouvel habitat dans les parages d'un ancien	24
6.2	Transfert de population à grande distance	25
6.3	Choix de tracé routier	26
6.4	Interruption de la circulation routière	26
6.5	Signalisation routière	27
6.6	Construction d'installations de protection le long des routes.	27

page

6.6.1 Bilan des expériences effectuées en Suisse et en Europe 27
6.6.2 Principes des installations du Sépey 30
6.6.3 Normes concernant la protection des batraciens le long des routes 33

7. Application à la protection des batraciens le long des routes 34

7.1 Introduction 34
7.2 Inventaire des sites concernés 34
7.3 Mesures provisoires de protection 34
7.4 Choix de mesures adéquates de protection 35

7.5 Conception et réalisation des installations définitives 35
7.6 Suivi écologique 36
7.7 Synthèse des données et diffusion des informations. 37

8. Résumé 38

9. Remerciements 39

10. Bibliographie 40

11. Annexes :

I. PROTECTION DES BATRACIENS:
Bases, mesures de protection et projet
(projet de révision de la norme)

II. PROTECTION DES BATRACIENS:
Installations de protection le long des routes
(projet de norme)

PROTECTION DES BATRACIENS LE LONG DES ROUTES

Rapport final

LES BATRACIENS ET LE TRAFIC ROUTIER

Mandat de recherche n° 26/74

---

1. INTRODUCTION

1.1 Buts de ce rapport.

Le trafic routier représente un sérieux danger pour une partie des espèces de batraciens en provoquant parmi leurs populations des hécatombes spectaculaires. Ces massacres sont bien limités dans le temps et dans l'espace, ce qui les rend particulièrement évidents. Ils ont conduit de nombreux naturalistes à étudier ce problème et à proposer diverses mesures de protection plus ou moins satisfaisantes. Ce rapport présente sommairement les connaissances actuelles sur la biologie des batraciens, notamment sur leurs migrations, et fait le point sur les solutions proposées pour protéger ces animaux le long des routes. Ces connaissances sont nécessaires aussi bien au naturaliste soucieux de sauvegarder la faune qu'au constructeur de routes à qui incombe la tâche de réaliser des installations de protection efficaces pour la faune.

1.2 Historique de la recherche en Suisse et en Europe.

En 1960, HEUSSER publie pour la première fois des observations sur les migrations des batraciens dans vallée du Rhin et décrit le danger couru par leurs populations qui se font périodiquement écraser sur les routes. A partir de cette époque de nombreux groupes de personnes vont se créer en Suisse et à l'étranger pour tenter de sauver des populations menacées. Ces groupes se contentent généralement de capturer les animaux en déplacement d'un côté de la route et de les transporter de l'autre côté, leur permettant ainsi de franchir la chaussée en toute sécurité. L'ampleur de la tâche et la nécessité de répéter les actions de sauvetage année après année conduisirent à l'étude et à la mise au point de plusieurs types d'installa-

tions fixes de sauvetage fonctionnant de manière autonome. Ces prototypes d'installations de protection seront analysés au chapitre 6. Citons en particulier les travaux de FISCHER (1969 et 1972), de KERESZTES & ZUERCHER (1978), de TRENTINI (1980) et de STOLZ & PODLOUCKY (1983) et de KARTHAUS (1985)

A partir de 1969, la Commission de recherches en matière de construction de routes finança pendant une quinzaine d'années divers travaux de recherches visant à mettre au point des installations efficaces pour protéger les batraciens le long des routes. Un groupe de travail s'est ainsi constitué pour mener a bien cette recherche. Plusieurs rapports ont été publiés : SERMET & PERRET-GENTIL (1971), BERTHOUD (1973), MUELLER & BERTHOUD (1973, 1977 et 1980), BERTHOUD & MUELLER (1984).
Ce rapport fait la synthèse de ces différentes recherches et propose en annexe un complément ainsi qu'une révision de la norme VSS déjà publiée.

1.3 Documentation générale.

Le lecteur désireux d'approfondir ces connaissances sur les batraciens de Suisse se référera, par exemple, aux ouvrages suivants : ARNOLD & BURTON (1978); BRODMANN (1982); DOTTRENS (1963); FRETEY (1975); HOTZ & BROGGI (1982); MATZ & WEBER (1983).

1.4 Espèces présentes en Suisse.

La Suisse compte 18 espèces classées dans deux ordres : Les Urodèles et les Anoures. Les Urodèles sont des amphibiens au corps allongé pourvu en permanence d'une queue. Cet ordre groupe les tritons et les salamandres.

Les Anoures sont des amphibiens à corps trapu dont la queue n'est présente qu'aux stades larvaires : les grenouilles et les crapauds.

Nos batraciens indigènes sont irrégulièrement répartis et plus ou moins fréquents. Toutes les espèces sont potentiellement soumises à des déplacements saisonniers. Seules deux espèces sont toutefois des migratrices régulières et sont bien représentées dans toutes la Suisse (Tableau 1) : le Crapaud commun et la Grenouille rousse. Elles posent par conséquent à l'échelle nationale un problème pour la protection de leurs populations en relation avec le trafic routier.

ESPECES	FREQUENCE ET REPARTITION	ECOLOGIE ET MOEURS	PROBLEMES ROUTIERS
Salamandre noire Salamandra atra	abondante, dans les Alpes et les Préalpes	entre 700 et 2500 m, non liée à l'eau pour la reproduction	rares
Salamandre tachetée sal. salamandra	régulière, sur toute la Suisse	basses altitudes, reproduction dans les ruisseaux frais	importants, localisés dans vallons boisés
Triton crêté Triturus cristatus	rare, sur le Plateau	basses altitudes, vie surtout aquatique	local. autour zones humides
Triton alpestre Triturus alpestris	abondant, dans toute la Suisse	jusqu'à 2500 m, espèce peu exigeante	importants localement
Triton palmé Tritutrus helveticus	fréquent, au Nord des Alpes	basses altitudes, utilise tous les points d'eau.	importants localement
Triton lobé Triturus vulgaris	rare, Plateau et Jura	basses altitudes, eau avec abondante végétation	localisés
Sonneur à ventre jaune Bombina variegata	fréquent, Nord des Alpes	basses altitudes, vie aquatique prolongée	rares
Crapaud accoucheur Alytes obstetricans	régulier, Nord des Alpes	jusqu'à 1600 m, vie terrestre, oeufs transportés par le mâle	rares
Crapaud commun Bufo bufo	abondant, dans toute la Suisse	jusqu'à 2000 m,, migre à longues distances	importants partout
Crapaud calamite Bufo calamita	fréquent, sur tout le Plateau	basses altitudes, change souvent de frayère	localisés temporaires
Rainette verte Hyla arborea	peu fréquente toute la Suisse	basses altitudes, sites avec buissons	localisés,
Grenouille rousse Rana temporaria	abondante, dans toute la Suisse	jusqu'à 2500 m, migre à longues distances	importants partout
Grenouille agile Rana dalmatina	rare, sur le Plateau Sud et Sud-ouest CH	basses altitudes, espèce forestière peu exigeante	localisés
Grenouilles vertes (2 espèces + 1 hybride)	fréquentes, sur toute la Suisse	jusqu'à 1100 m, vie très aquatique	localisés à proximité eau

Tableau 1. Espèces de batraciens présentes en Suisse et problèmes routiers

2. DESCRIPTION DU PHENOMENE DES MIGRATIONS.

2.1 Cause des migrations.

Comme leur nom l'indique, les amphibiens ou batraciens, peuvent vivre aussi bien en milieu terrestre qu'en milieu aquatique. En fait, ils ne sont liés obligatoirement à l'eau que pour leur reproduction, les oeufs et les larves ne pouvant se développer qu'en milieu aquatique. Si quelques espèces vont passer la plus grande partie de leur vie dans l'eau, la plupart de nos espèces indigènes vont, au contraire, vivre en milieu terrestre presque toute l'année et ne rejoindre l'eau que pendant la courte période de la fraye.

La plupart des milieux terrestres abondamment recouverts de végétation sont colonisés et servent de terrain de chasse aux batraciens. Les sous-bois forestiers, les haies, les friches et les prairies naturelles, même éloignés de plusieurs kilomètres de tous plans d'eau, sont visités pendant la belle saison. Les mouvements correspondants peuvent amener en toute saison les batraciens sur les routes traversant ces terrains de chasse. Le fait que les batraciens soient liés aux milieux aquatiques pour leur reproduction implique évidemment des déplacements saisonniers, avant et après la période de reproduction, entre les terrains de chasse et les zones de frayères. Ces déplacements sont déclenchés par des phénomènes hormonaux liés aux développements des organes sexuels.

2.2 Les différentes périodes de migrations.

Les phases d'activité des batraciens dans un cycle annuel suivent le schéma suivant :

- hibernation : octobre à février
- migration : mars-avril
- reproduction : avril-mai
- migration : mai-juin
- nutrition : juin à octobre

Les périodes de migration peuvent se prolonger selon la distance à parcourir et selon les espèces. L'observation des déplacements des batraciens à proximité d'une route permet de distinguer des migrations de plusieurs types selon la période et l'âge des animaux.

La migration printanière des adultes, entre les quartiers d'hiver et le lieu de ponte . Elle se passe entre mi-février et

fin avril, au cours des soirées humides pas trop froides.

La migration de retour des adultes, du lieu de ponte au site de cantonnement estival . Elle coïncide en général avec la fin de la migration printanière, mais peut se prolonger pendant plusieurs mois jusqu'à l'automne. Elle est moins spectaculaire que la migration printanière car elle réunit moins d'animaux en nombre et temps.

La migration post-larvaire des jeunes du lieu de naissance au nouveau terrain de chasse. Ce mouvement passe en général inaperçu. Il n'est apparent qu'à l'occasion de migrations de masse, qui sont surtout le fait, en Europe centrale, de la Grenouille rousse et du Crapaud commun (juin-juillet), moins des autres anoures, et pratiquement jamais des urodèles. En juin ou juillet, les jeunes se déplacent le matin de 7 à 10 heures et le soir de 17 à 20 heures, ou toute la journée par faible ensoleillement, mais avec une température et un taux d'humidité élevés. Ils craignent la sécheresse, mais aussi les précipitations modérées à fortes.

La migration d'automne des adultes, du cantonnement estival au site d'hivernage . Il existe de spectaculaires hécatombes automnales chez la Grenouille rousse, beaucoup d'individus rejoignant, déjà en automne, le lieu de ponte, ou des eaux du voisinage à faible courant. Des Crapauds communs se déplacent également en automne, mais généralement en moins grand nombre. Ils ne vont pas jusqu'à leur lieu de fraye. Ce type de migration peut être observé de mi-août à fin novembre, principalement les soirs de pluie survenant après une longue période sèche; les périodes et les effectifs peuvent varier considérablement d'une année à l'autre.

Les mouvements erratiques et la chasse. Des crapauds à la recherche de nourriture capturent très facilement des vers de terre sur les routes humides. Parmi les animaux rencontrés sur les chaussées, il peut y avoir des subadultes et des adultes à la recherche de nouveaux plans d'eau ou de terrains de chasse. Ces animaux ne sont en effet jamais absolument fidèles à leur lieu de ponte; une partie d'entre eux s'en iront toujours très loin, colonisant éventuellement de nouveaux plans d'eau (comportement typique du Crapaud calamite, de la Grenouille verte et du Crapaud sonneur). De tels mouvements ne sont pas rares et touchent plus ou moins chacune de nos routes. Ils sont toutefois imprévisibles et ne peuvent pas être pris en compte dans cette étude.

2.3 Espèces concernées et types dominants de migration.

- **Crapaud commun** *(Bufo bufo)*
De toutes les espèces, c'est probablement la plus touchée par le trafic routier. Elle est très largement représentée dans les migrations printanières (en Suisse, plusieurs sites à 5000-8000 adultes). Sur la route les crapauds progressent très lentement et se figent fréquemment en position d'observation, à la lumière des phares. De plus, ils profitent souvent de la surface dégagée de la chaussée pour surveiller l'arrivée de leurs congénères. Il n'est pas rare qu'ils mettent ainsi 15 à 20 minutes à franchir une route de 7 m de largeur. La migration de retour paraît se prolonger davantage dans le temps que chez la Grenouille rousse. Les crapauds communs peuvent parcourir au moins 5 à 10 km pendant leurs migrations.

- **Grenouille rousse** *(Rana temporaria)*
Elle se déplace plus rapidement et se fait par conséquent écraser en moins grand nombre. IL existe des tronçons routiers franchis par des milliers d'individus. La proportion des animaux migrant en automne et au printemps varie considérablement d'année en année et d'un endroit à l'autre.

- **Grenouille agile** *(Rana dalmatina)*
Une espèce relativement rare chez nous. Jusqu'à présent, on n'a guère observé de migrations d'automne chez cette espèce; la migration de printemps débute en même temps que celle de la Grenouille rousse, voire un peu plus tôt, et dure plus longtemps. Les grenouilles agiles traversent une route en 10 à 20 secondes par une série de sauts ininterrompus, et sont donc rarement écrasées par des véhicules.

- **Tritons** *(Triturus* sp)
Les trois espèces principales, soit le Triton alpestre, le Triton palmé et le Triton ponctué, se déplacent sur de grandes distances, souvent au nombre de plusieurs centaines. Les tritons passent inaperçus et parviennent à franchir, en partie, des obstacles tels que rubans de plastique, seaux de capture, murets, etc., si bien qu'on a de la peine à contrôler leur passage. La migration printanière a lieu de mars à avril, la migration de retour de fin mai à septembre. Les migrations des tritons ont été peu étudiées.

- **Salamandre tachetée** *(Salamandra salamandra)*
C'est surtout en avril qu'on observe des salamandres écrasées sur certains tronçons de routes. Il s'agit principalement de femelles en déplacement vers un ru forestier, pour la ponte. Dans une population à si faible taux de reproduction, la perte de quelques individus pèse lourdement. Leurs déplacements sont

très difficiles à observer.

- **Crapaud calamite** *(Bufo calamita)* , **Rainette verte** *(Hyla arborea)*, **Grenouille verte** *(Rana "esculenta")*, **Sonneur à ventre jaune** *(Bombina variegata)* **et autres espèces**
Chez ces animaux, on ne constate que de faibles migrations de distances et de directions très diverses. Toutefois, un nombre important de migrateurs (spécialement de crapauds calamites) ont pu être observés, occasionnellement, au voisinage de grandes gravières. Sans étude particulière il est difficile de connaître dans quelle mesure ces populations sont affectées par le trafic routier.

2.4 Phénologie des migrations.

GROSSENBACHER (1981) a recueilli les dates moyennes des migrations observées dans le canton de Berne entre 1972 et 1980, à des altitudes comprises entre 450 et 600 m. Ces moyennes sont valables, à peu de chose près, pour l'ensemble du plateau suisse (Figure 1).

La date moyenne de migration de la **Grenouille rousse** tombe sur la soirée du 13 mars. 95 % de toutes les dates sont comprises entre le 20 février et le 3 avril. La première nuit de migration printanière la plus précoce a été enregistrée le 17 février 1980 (ZH : 8 février 1977), et la plus tardive le 19 mars 1973. Les dates les plus fréquentes de forte migration se situent entre le 7 et le 14 mars. Il faut donc s'attendre à d'importants passages de grenouilles rousses dès la mi-février, et généralement jusqu'à fin mars.

Le **Crapaud commun** migre en moyenne une quinzaine de jours plus tard que la Grenouille rousse, mais à des dates plus variables que celle-ci. La date moyenne tombe sur la soirée du 27 mars. 95 % de toutes les dates sont comprises entre le 4 mars et le 18 avril. De fortes migrations sont fréquentes du 26 mars au 2 avril. La première nuit de migration la plus précoce a été enregistrée le 5 mars 1977 (ZH : 20 février 1977), et la plus tardive le 29 mars 1973, année où le phénomène débuta particulièrement tard.

Aucun migrateur n'avait alors été observé avant le 19 mars! En 1977, au contraire, les crapauds étaient presque tous sur les lieux de fraye le 13 mars déjà. Des migrateurs isolés ont été observés déjà pendant la première quinzaine de février, mais les passages importants se produisent en mars, plus généralement dès la mi-mars, et

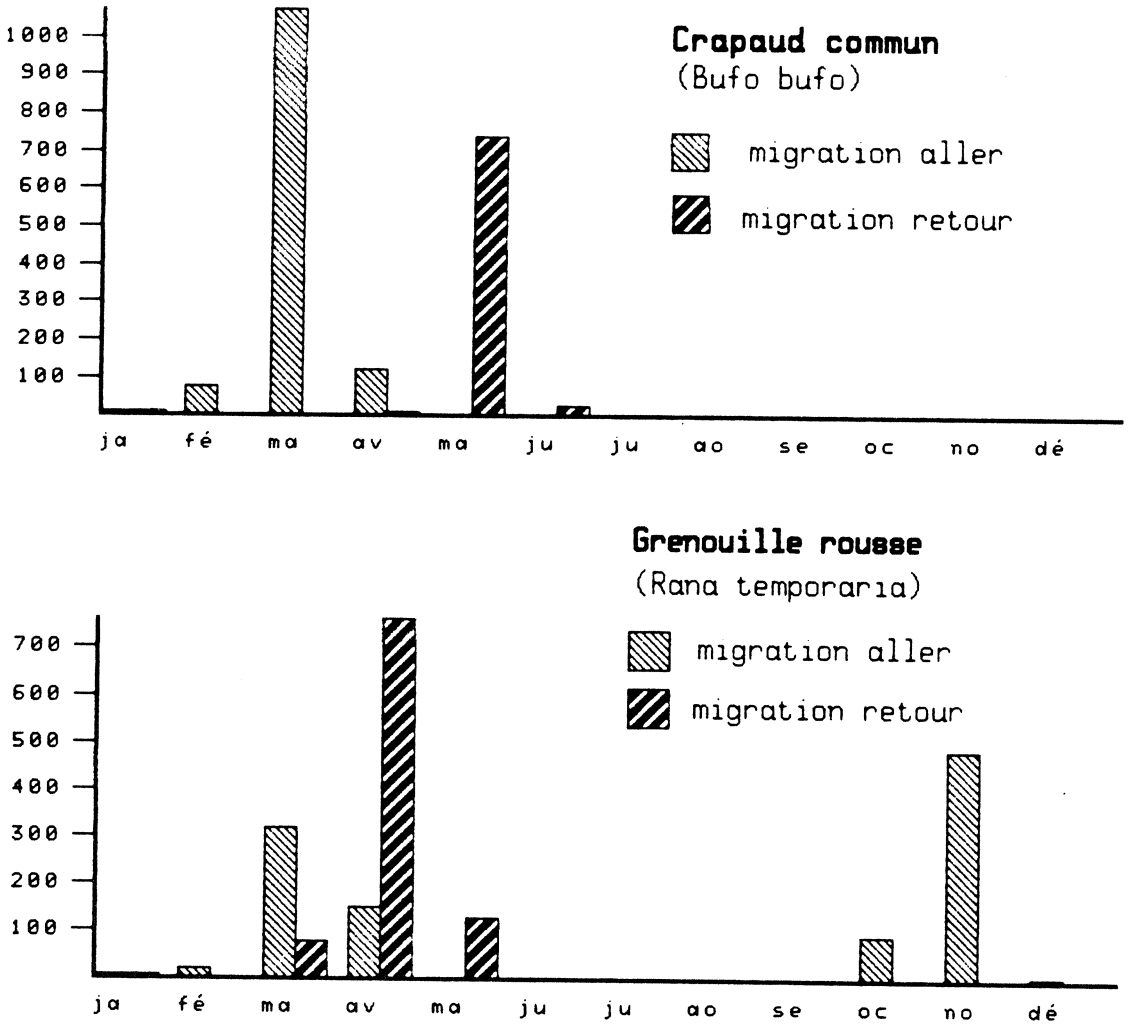


Figure 1. Répartition mensuelle des migrations de batraciens adultes à travers une route située à proximité d'un lieu de ponte. Exemple des étangs de Châble-Perron en 1972 (BERTHOUD 1973).

jusqu'à la seconde moitié d'avril. Le mouvement peut s'étendre sur plus de deux mois (de début février à fin avril 1975, interrompu par de multiples rechutes de l'hiver) ou se concentrer sur une semaine (plus de 90 % des passages du 13 au 20 mars 1974).

2.5 Influence des conditions météorologiques

Les mouvements de masse en période de migration sont déclenchés par un temps chaud et humide. Pour cela, une température anormalement élevée est nécessaire pour en février, tandis qu'un léger réchauffement suffit en avril. Dans les deux cas, un taux d'humidité important est requis. En l'absence de pluie, le déclenchement de la migration exige des températures plus élevées.

Les conditions suivantes sont nécessaires au déclenchement de ces migrations massives :

Grenouille rousse:

- pluie, par une température minimale de 4,5°C à 19 h.
- sans pluie, par une température minimale de 10°C à 19 h.

Crapaud commun:

- pluie, par une température minimale de 5,5°C à 19 h.
- sans pluie, par une température minimale de 12°C à 19 h.

Le lendemain soir d'une nuit de forte migration, de nombreux animaux sont encore observables, même si entre-temps les conditions atmosphériques sont devenues défavorables. De petits groupes de grenouilles rousses peuvent se déplacer même par des températures voisines de 2° C et des chutes de neige. L'absence d'humidité n'empêche pas quelques individus de se déplacer, mais en-dessous de 0° C, toute migration est suspendue.

Les températures de février influencent fortement la migration des grenouilles rousses. Si le mois est chaud (1977 et 1980), d'importants mouvements ont lieu les premières nuits de mars, même s'il ne pleut pas beaucoup. En revanche, la sécheresse freine manifestement la progression des crapauds communs (1976 et 1980), qui n'apparaissent alors en grande partie qu'en avril. Par temps sec et température élevée, la migration des animaux a lieu en ordre dispersé, répartie sur plusieurs nuits.

Dans de vastes régions du Plateau suisse, les migrations ont lieu au cours de mêmes nuits. On ne constate une avance de quelques jours que dans les endroits les plus bas et les plus doux (rives lémaniques, Seeland). En montagne, les déplacements peuvent n'intervenir qu'en juin, voire juillet. On admettra comme valeur de référence un retard d'environ 5 jours par 100 m d'altitude supplémentaire. Ces données peuvent toutefois être modifiées par une période prolongée d'inversion des températures, qui avantage les coteaux ensoleillés émergeant du brouillard. Un réchauffement inégal du sol (adret - ubac) entraîne aussi quelques différences locales. Dans les vallées à foehn, la pluie qui intervient après cessation de ce vent est un puissant facteur de déclenchement.

2.6 Horaire d'activité migratoire.

La migration des adultes débute en général immédiatement après la tombée de la nuit, et culmine entre 19 et 22 heures. Si les amphibiens doivent traverser une grande surface découverte, ou si la pluie n'intervient qu'au début de la nuit, il peut arriver aussi qu'ils se déplacent en grand nombre après minuit. Exceptionnellement, des mouvements relativement importants de grenouilles rousses migrant vers les lieux de ponte ont pu être observés vers midi et dans l'après-midi, mais surtout dans des régions forestières en altitude.

L'interférence entre le trafic routier et les migrations printanières est total pendant la première moitié de la nuit, mais reste partielle pour la fin de la nuit (Figure 2).

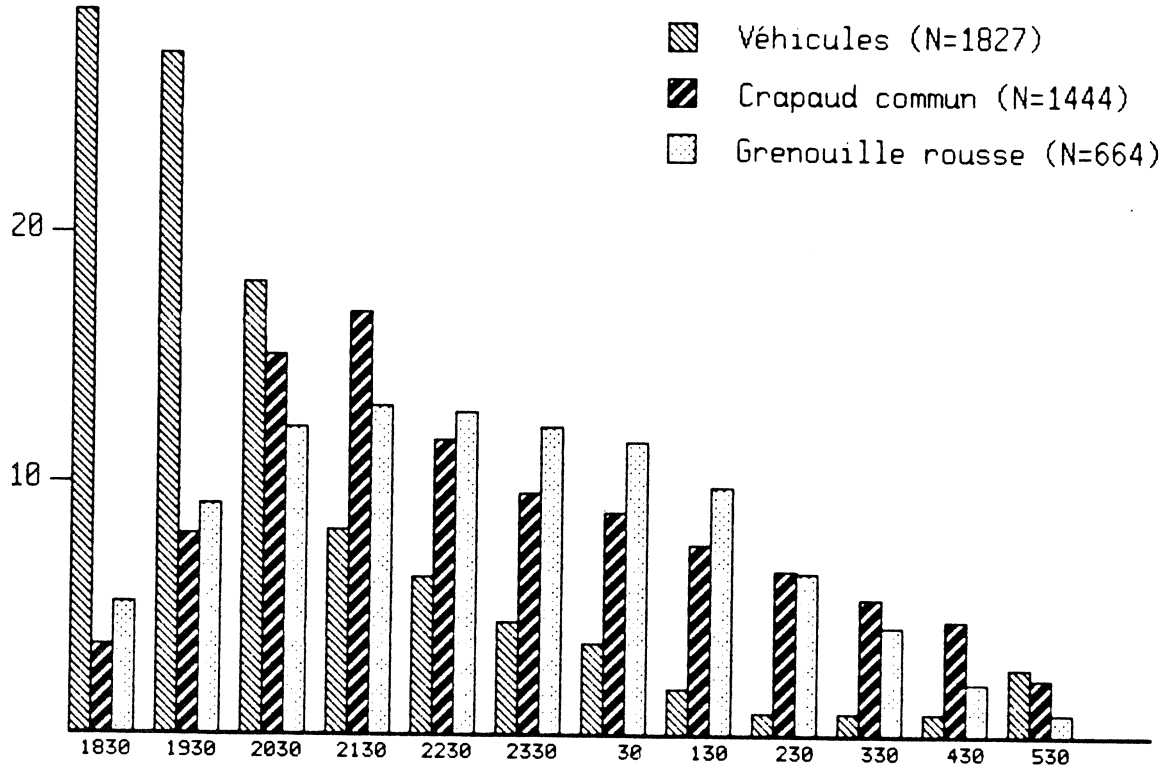


Figure 2. Interférence entre le trafic routier et les migrations printanières des batraciens. Cas observé sur la route cantonal Yverdon-Yvonand à mi-mars 1972 (BERTHOUD 1973).

3. DYNAMIQUE DES POPULATIONS.

3.1 Espérance de vie.

La dynamique des populations de batraciens est mal connue, car elle est largement influencée par des facteurs locaux de mortalité. Les résultats obtenus pour un site donné ne seront généralement pas comparables à ceux obtenus pour un autre site. Les caractéristiques principales de cette dynamique peuvent toutefois être déduites en examinant les structures d'âges des populations en migration et en observant les principales causes de mortalité. Les batraciens ayant une croissance continue, il est possible de déterminer l'âge des animaux capturés en mesurant la longueur de leur corps et leur poids (figure 3).

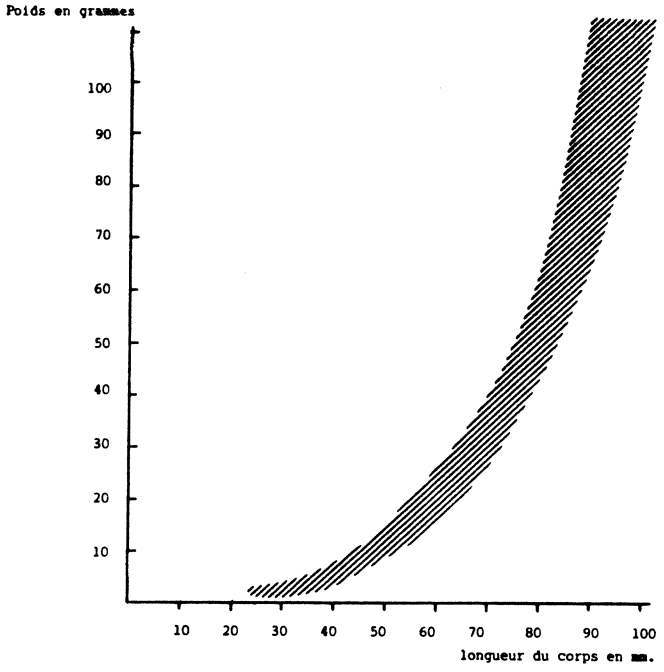


Figure 3. Courbe de croissance du Crapaud commun et de la Grenouille rousse. Courbes identiques pour les deux espèces obtenues d'après des animaux capturés en période de migration printanière (BERTHOUD 1973)

Les diagrammes obtenus montrent des classes d'âges décroissant rapidement à partir de la 4ème année, âge moyen de la maturité sexuelle des batraciens. Les populations de Crapauds communs, de Grenouilles rousses et de Tritons palmés étudiées dans la région d'Yverdon (Figure 4) montrent par exemple un taux de mortalité d'environ 50 % par année et une limite maximum d'âge d'environ 10 ans.

3.2 Fluctuation des populations

La plupart des populations d'amphibiens sont caractérisées par de fortes fluctuations d'effectifs. Les causes sont à rechercher parmi un ensemble de facteurs, dont certains exercent temporairement une pression accrue, et dont les effets se font sentir surtout pendant la première année de la vie des batraciens, soit au moment de la reproduction, du développement larvaire, de la métamorphose et de migration post-larvaire.

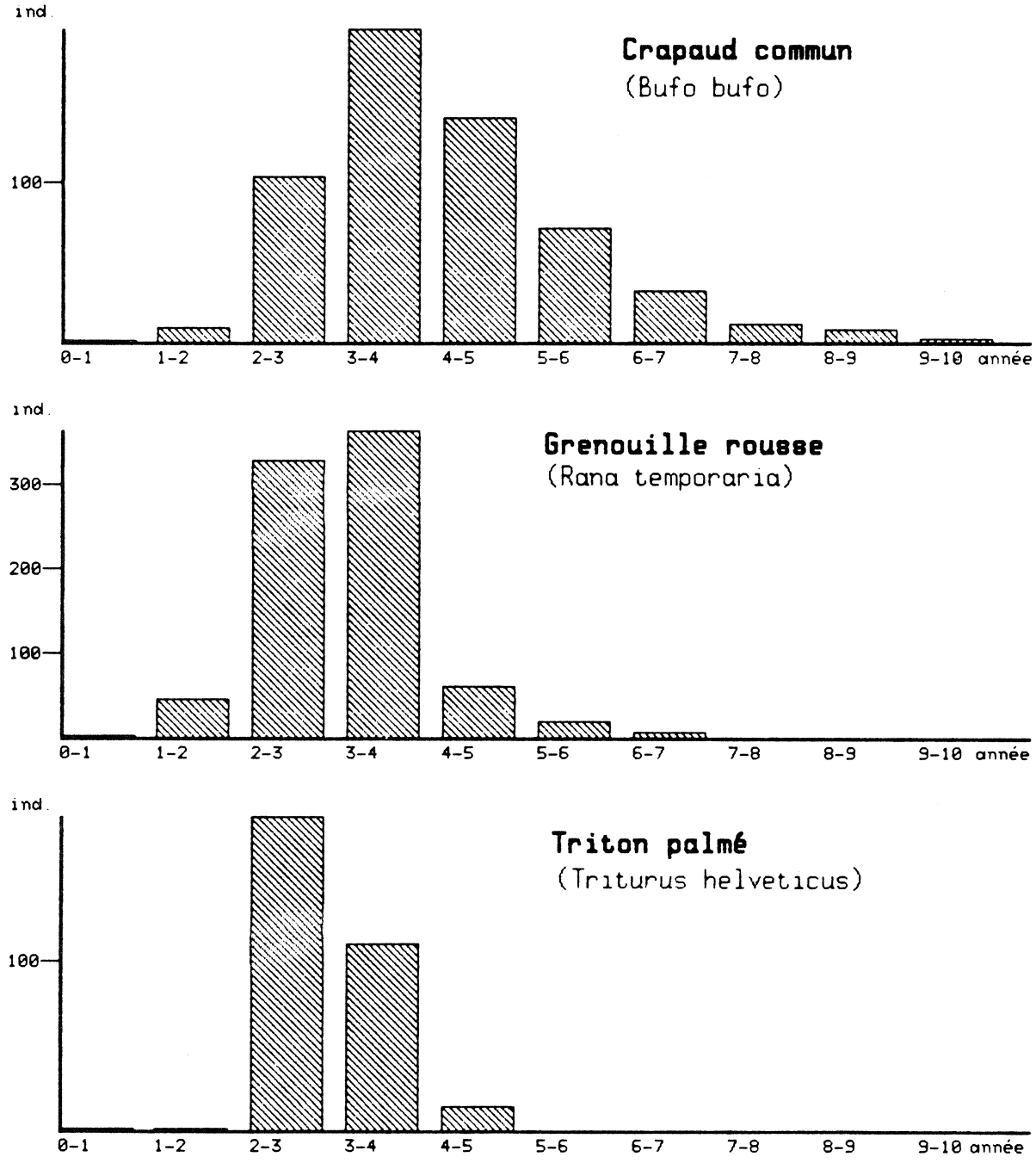


Figure 4. Répartition par classes d'âge d'une population migratrice de batraciens. Exemple des étangs de Châble-Perron en 1972. Remarque : Cette population est soumise à une forte mortalité routière (BERTHOUD 1973)

Les facteurs principaux sont les suivants :

- Les conditions météorologiques
- Les effectifs de la population reproductrice
- L'état naturel des frayères
- L'abondance des prédateurs

Ces facteurs ont les effets suivants :

Une migration trop tardive pour absence de condition climatique favorable (pluie et chaleur) peut empêcher partiellement ou totalement la reproduction. Si la maturation des ovules est atteinte et que les animaux n'ont pas réussi à rejoindre leur frayère. Les ovules sont expulsés sur le sol (cas des grenouilles) ou résorbé dans les ovaires (cas des crapauds).

Le développement larvaire est plus ou moins allongé par manque d'insolation, mais la métamorphose n'en sera pas affectée.

La présence d'un grand nombre de reproducteurs a un effet stimulant sur toute la population (effet de masse) en accélérant le développement larvaire, en améliorant le succès de la métamorphose et en diminuant le taux de prédation.

La compétition entre espèces de batraciens peut être importants dans les étangs peu diversifiés.

L'abaissement rapide du niveau d'eau des frayères peut assècher la majorité des pontes.

De bonnes conditions météorologiques diminuent la mortalité lors de la migration post-larvaire. Chaleur et humidité permettent une dispersion rapide des jeunes en limitant la prédation et les risques de dessèchement.

Le taux de réussite de la métamorphose varie entre 0 et 30 % selon les conditions météorologiques et les ressources nutritives de l'eau.

Tous ces éléments créent de grandes différences dans le succès de la reproduction annuelle. Ces fluctuations vont se marquer sous forme d'écarts dans les effectifs des générations au moment des migrations printanières des adultes.

L'absence d'une génération âgée de 3 ou 4 ans dans une population va entraîner une diminution dans le succès de la reproduction de l'année : Selon RYSER (1985) la diminution serait de 50 % chez la Grenouille rousse et de 30 % chez le Crapaud commun. Inversément, l'apparition secondaire d'une génération reproductrice très nombreuse peut rapidement doubler

ou tripler une population.

Toutes les fluctuations à court terme observées dans les populations peuvent très bien être imputables uniquement à des causes naturelles. Il est donc très difficile d'évaluer en un bref laps de temps l'effet de la mortalité routière sur une population ou l'effet d'une action de sauvetage. Seul un suivi d'observations portant sur 8 ou 10 ans peut montrer clairement les tendances évolutives d'une population.

Prédateurs :	Stades de développement				
	oeuf	têtard	juv.	subad.	adulte
Larves de batraciens	xx	-	-	-	-
Tritons adultes	xx	-	-	-	-
Poissons (Cyprinidés)	xx	-	-	-	-
Oiseaux d'eau (Anatidés, Rallidés)	-	xx	x	-	-
Insectes (Dytiscidés et Odonates)	-	xxx	-	-	-
Crustacés (Astacidés)	-	x	-	-	-
Reptiles (Colubridés)	-	x	x	x	x
Hérons (Ardéidés)	-	x	-	-	xx
Passereaux divers	-	x	x	x	-
Rapaces diurnes divers	-	-	-	x	x
Sangsues (Hirudinés)	-	-	-	-	xx
Mustélidés divers	-	-	-	-	xx
Blaireau	-	-	-	-	x
Renard	-	-	-	-	x
Sanglier	-	-	-	x	x
Musaraignes	-	x	xx	-	-
Hérisson	-	-	x	x	x

Tableau 2. Principaux prédateurs naturels des batraciens
Echelle : - nulle; x faible; xx moyenne; xxx forte

3.3 Causes de mortalité

Les causes de mortalité sont très nombreuses et ne peuvent pas être analysées en détail. Il faut cependant relever le rôle important des batraciens dans la chaîne alimentaire d'un écosystème. L'existence de population importante de batraciens adultes ainsi que la production massive de larves puis de juvéniles constituent une ressource alimentaire essentielle pour une foule de prédateurs. La prédation va, par conséquent, être en tous les cas un facteur important de mortalité naturelle. Elle s'exerce à tous les stades de développement. La liste des principaux prédateurs et l'intensité de la prédation (Tableau 2) est donnée à titre indicatif. Elle n'est valable que pour un milieu suffisamment diversifié. Les autres causes de mortalité ne sont pas négligeables mais varient considérablement d'un site à l'autre. Dans un cas extrême, ces derniers peuvent très bien éliminer la totalité d'un stade d'une population

3.4 Influence de la mortalité routière sur la taille des populations

L'influence du trafic routier sur les effectifs des populations d'amphibiens est encore mal connue. Sur le terrain, on observe aussi bien des cas de populations stables que des cas d'extermination totale; ceci avec un même trafic routier. Il y a donc un problème complexe dont les paramètres n'ont, jusqu'à maintenant, été étudié que partiellement par divers auteurs.

Les pertes correspondant à un trafic routier donné sont relativement bien connues. Pour le Crapaud commun adulte, VAN GELDER (1973) estime qu'un trafic de 10 véhicules/heure tue environ 30 % des animaux et un trafic de 90 véhicules/heure les 90 %. BERTHOUD & MUELLER (1984), ainsi que KUHN (1984) confirment ces indications. KARTHAUS (1985) juge ces valeurs trop élevées, mais estime qu'à partir de 60 véhicules/heure, la traversée de la route est impossible pour les crapelets avec une mortalité de 100 %. BERTHOUD, MUELLER et PERRET-GENTIL (1973) avaient déjà soulevé le problème des jeunes batraciens. Pour la Grenouille rousse adulte, BERTHOUD (1973) a observé une mortalité de 50 % pour un trafic de 90 véhicules/heure.

Un trafic routier relativement faible peut donc entraîner de lourdes pertes. Heureusement pour les batraciens, la coïncidence n'est pas parfaite entre le trafic routier et les périodes nocturnes de migration des batraciens adultes. Il existe toujours, vers le milieu de la nuit, une période de faible circulation où les animaux peuvent traverser la route sans trop de problèmes.

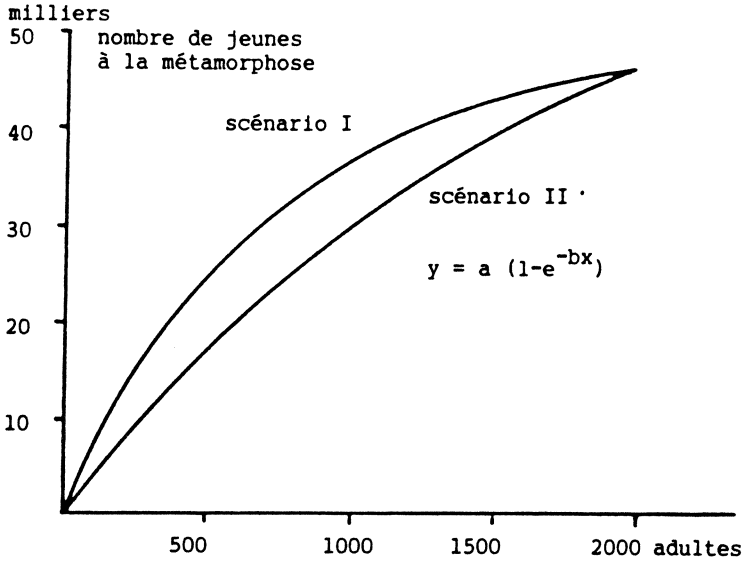


Figure 5. Relation entre la taille de la population et le succès de la métamorphose. Courbe hypothétique permettant d'expliquer l'homéostasie des populations selon RYSER 1985 (scénario I : a = 5'000; b = 0,00135; scénario II : a = 66'742; b = 0,0006)

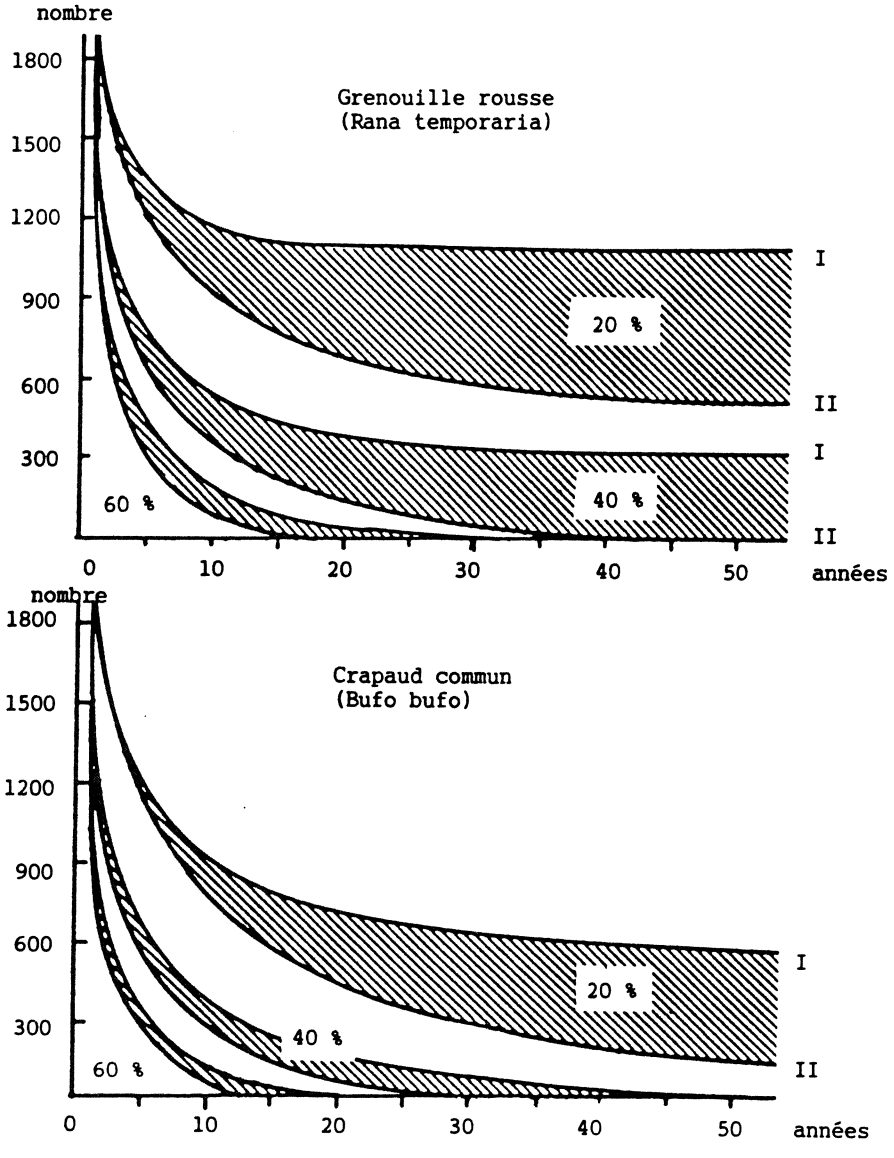


Figure 6. Courbe de survie d'une population de batraciens soumise à une mortalité routière de 20, 40 ou 60 % (selon RYSER 1985)

HEUSSER (1968) et STOERMER (1981) estiment que jusqu'à 25 % des pertes peuvent être compensées.

RYSER (1985) par un modèle mathématique théorique, montre que les populations peuvent se stabiliser à un niveau plus ou moins bas lorsque le prélèvement routier varie entre 20 et 40 % des reproducteurs, au-delà, la population disparaît. L'auteur utilise comme hypothèse de départ que, dans les populations stables, les pertes subies sont compensées à moyen terme pour une meilleure réussite de la reproduction. En effet, un plan d'eau ne peut amener à la métamorphose qu'un nombre limité de têtards, en fonction de ses capacités alimentaires, car la mortalité augmente en fonction de leur densité. La relation n'est toutefois pas exactement connue, c'est pourquoi l'auteur choisi deux scénarios pour démontrer cette influence sur les courbes de survie de populations stables (Figure 5) comptant initialement 2'000 adultes et produisant au maximum 50'000 têtards.

Les courbes sont calculées pour des mortalités routières de 20, 40 et 60 % dans une population de Grenouilles rousses et dans une population de Crapauds communs (Figure 6).

Cette analyse permet de formuler les conclusions suivantes :

- la mortalité supplémentaire due au trafic routier ne conduit à une diminution marquée des effectifs que plusieurs années après;

- certaines pertes annuelles de l'ordre de 25 - 30 % sont supportables et amènent la population à un niveau inférieur stable;

- les populations des espèces à cycle lent, telles celle du Crapaud commun, sont plus sensibles au trafic routier et peuvent disparaître plus rapidement;

- l'effet du taux de réussite de la reproduction (scénario 1 ou 2) est important. Une courbe linéaire à des répercussions très marquées sur la chute de la population, ce qui ne paraît pas être le cas dans la réalité.

Bien que ne reflétant pas exactement la réalité, les deux scénarios envisagés montrent tout de même le mécanisme du problème de la mortalité routière. Il est probable, au vu de la multiplicité des facteurs influençant la réussite de la reproducton, que la courbe réelle varie d'une année à l'autre et d'un emplacement à l'autre.

Il faut également considérer que la mortalité routière lors de la migration précédant la reproduction n'a pas la même signification que celle suivant la reproduction. En effet, étant donné qu'environ 50 % des adultes vont de toute manière périr de mort naturelle la saison de reproduction suivante, les pertes seront par conséquent 2 fois moins sensibles pour le taux de renouvellement de la population.

L'influence de la mortalité routière sur les effectifs de juvéniles en période de migration post-larvaire n'est pas connue.

Il n'est guère possible d'apprécier la charge maximale supportable pour une population, étant donné la complexité des facteurs en jeu. On peut toutefois admettre que les espèces ont une sensibilité différente et que les espèces à faible taux de remplacement, telles que le Crapaud commun ou la Salamandre tâchetée, sont très fortement menacées.

4. LE MILIEU VITAL DES BATRACIENS

Chaque espèce a des exigences particulières quant à son milieu vital pour accomplir correctement son cycle de vie. On retrouve toutefois systématiquement 4 types de milieux essentiels :

- la frayère
- le terrain de chasse
- les voies de déplacements
- le site d'hivernage.

La frayère ou site de reproduction est en général un plan d'eau stagnante, de surface variable, et envahi par la végétation aquatique. Ce plan d'eau doit être bien ensoleillé pour permettre un développement rapide des larves. L'attachement des batraciens à la frayère natale est très marquée. S'ils en ont la possibilité, les animaux reviendront toujours à l'emplacement de leur développement larvaire pour y pondre à leur tour. On observe fréquemment des batraciens traversant plusieurs plans d'eau avant d'atteindre leur propre frayère. Ce phénomène est marqué chez le Crapaud commun qui s'obstinera à pondre sur la terre ferme comblant son ancienne frayère plutôt que d'utiliser un site de remplacement situé à proximité.

Le terrain de chasse est généralement un milieu terrestre naturel , souvent boisé ou en lisière forestière, dans des prairies ou dans les haies. Ce milieu doit pouvoir fournir en quantité suffisante les proies nécessaires à l'alimentation du batracien pendant la belle saison. Le choix du terrain de chasse se modifie pendant les premières années de l'existence du batracien, puis reste constant une fois l'animal adulte.

Le cheminement entre la fayère et le terrain de chasse est généralement le chemin le plus court. Il suit toutefois un certain nombre de fils conducteurs tels que les lisières, les cours d'eau ou les haies. Il existe de ce fait de véritables voies de migration utilisées en commun par toute une partie de la population. Ces voies de migration sont d'autant plus fréquentées qu'elles sont proches de la frayère. Une fois reconnue par le jeune batracien, lors de sa migration post-larvaire, la voie de migration reste inchangée pendant toute la vie de l'animal.

Le site d'hivernage est généralement situé à proximité immédiate de la frayère, car le batracien a déjà parcouru la plus grande partie du trajet séparant le terrain de chasse de la frayère à la fin de l'automne. Il recherche alors un abri sûr pour passer l'hiver à l'abri du gel. Cet abri peut être un amas de rochers, une souche, un trou de micromammifère ou, plus

simplement, l'animal se cache sous la litière de feuilles mortes. L'emplacement d'hivernage est probablement variable d'un hiver à l'autre.

La réunion de ces 4 types de milieux constituent le milieu vital de l'animal. Etant donné la grande fidélité à leur domaine vital et leur faible capacité d'adaptation à des modifications du terrain, plusieurs espèces sont menacées par des altérations irréversibles de l'un ou l'autre des éléments composant leur domaine vital. Le Crapaud commun, la Salamandre tachetée et dans une moindre mesure la Grenouille rousse sont particulièrement sensibles à de telles altérations.

Les autres espèces, telles que l'Alyte, le Sonneur, le Crapaud calamite, la Rainette s'accommodent très bien de changements et sont même favorisées par des bouleversements réguliers de leurs lieux de ponte supprimant la majeure partie de la végétation. Ces espèces pionnières ne sont donc pas menacées par des modifications du milieu pour autant que les plans d'eau restants soient favorables.

5. COMPORTEMENT MIGRATOIRE

5.1 Orientation et cheminement

Il est important de bien comprendre le phénomène de la migration, car c'est lui qui conduit périodiquement les batraciens à traverser les routes au risque de s'y faire massacrer. L'étude du comportement des animaux en migration permet de connaître les limites d'intervention de l'homme pour éviter des massacres inutiles.

HEUSSER (1968) a étudié en détail le mécanisme d'orientation du Crapaud commun en migration. Il a conclu que ce n'est pas par chimiotaxie (orientation par les odeurs) ni par magnétisme, ni par astrotaxie qu'ils se dirigent pour retrouver leur frayère. Par contre, il suppose une orientation basée sur une mémorisation des structures paysagères. Il a montré d'autre part, que des animaux déplacés latéralement de quelques centaines de mètres sur leur voie de migration étaient incapables de retrouver leur frayère et pouvaient passer à proximité de ces dernières sans les reprérer.

Par ailleurs, l'hérédité semble jouer un rôle important dans la direction adoptée par les jeunes batraciens sortant de l'étang (BERTHOUD, 1973). Une importante perturbation des animaux déplacés latéralement de quelques dizaine de mètres pendant leur migration est notée également par BERTHOUD et MUELLER (1984). Ils notent en effet que les animaux reviennent en arrière pour retrouver leur cheminement normal, même s'ils sont déposés au bord de leur étang.

L'observation des déplacements des crapelets quittant l'étang (BERTHOUD, MUELLER et PERRET-GENTIL 1973), conjuguées avec les observations précédentes, permet de conclure à une mémorisation probable d'un cheminement par les jeunes batraciens en migration post-larvaire.

Ce cheminement est retrouvé 3 à 5 ans plus tard lorsque les animaux ont atteint leur maturité sexuelle et retournent pour la première fois à leur lieu de naissance.

Cette mémorisation est probablement possible par une mémorisation kinesthésique combinée avec une mémorisation des structures paysagères.

5.2 Accouplement et locomotion

La reproduction implique la recherche d'un partenaire pour la fécondation des ovules. Chez les batraciens, la fécondation est externe, le mâle chevauchant la femelle et émettant les spermatozoïdes sur la ponte. La recherche du partenaire incombe au mâle. Ce dernier va surveiller ses congénères pendant la migration prénuptiale, se précipiter vers une femelle et monter sur son dos. La femelle est saisie sous les aiselles par le mâle qui s'y cramponne à l'aide de ses pattes avant : c'est l'amplexus.

Le mâle va rester ainsi pendant plusieurs jours, le temps nécessaire à la femelle d'atteindre la frayère, de faire l'ovulation puis la ponte. L'amplexus se termine dès l'instant où les oeufs sont expulsés et fécondés. La fixation du mâle sur le dos de la femelle est possible grâce à la présence de petites pelotes garnies de pointes cornées qui apparaissent pendant la reproduction sur les pattes antérieures du mâle et par une tétanisation des muscles des bras permettant un amplexus prolongé. Ainsi, au moment de la migration prénuptiale des batraciens, non seulement les animaux sont souvent engourdis par le froid, mais les femelles sont alourdies par les grappes d'ovules et par le mâle fixé sur leur dos. Leur agilité est, par conséquent, fortement diminuée lorsqu'ils doivent traverser une chaussée.

5.3 Comportement devant un obstacle

Devant un obstacle imprévu, les batraciens vont d'abord essayer de le contourner. Toutefois, l'obstacle ne doit pas être trop long ni les dévier trop fortement de leur axe de migration. En règle générale, leur capacité de déplacement latéral est très faible. Elle ne dépasse guère quelques dizaines de mètres (Figure 7). Il a été constaté à l'aide de marquages que chez le Crapaud commun, 20 % seulement des animaux se déplacent latéralement de 50 m. et plus, alors que chez la Grenouille rousse, 30 % franchissent cette même distance (BERTHOUD 1973). S'ils n'ont pas la possibilité de contourner facilement l'obstacle, les batraciens vont s'acharner pendant plusieurs heures à le franchir en l'escaladant. En dernier ressort seulement, ils essayeront de passer sous l'obstacle. Les animaux essayent de franchir l'obstacle, pendant plusieurs nuits consécutives, puis repartent en arrière vers leur terrain de chasse sans se reproduire. Les femelles pondent alors leurs oeufs sur le sol ou les résorbent. Ce comportement va présenter un problème important lorsqu'on essaye de faire passer les animaux dans des passages aménagés sous la chaussée.

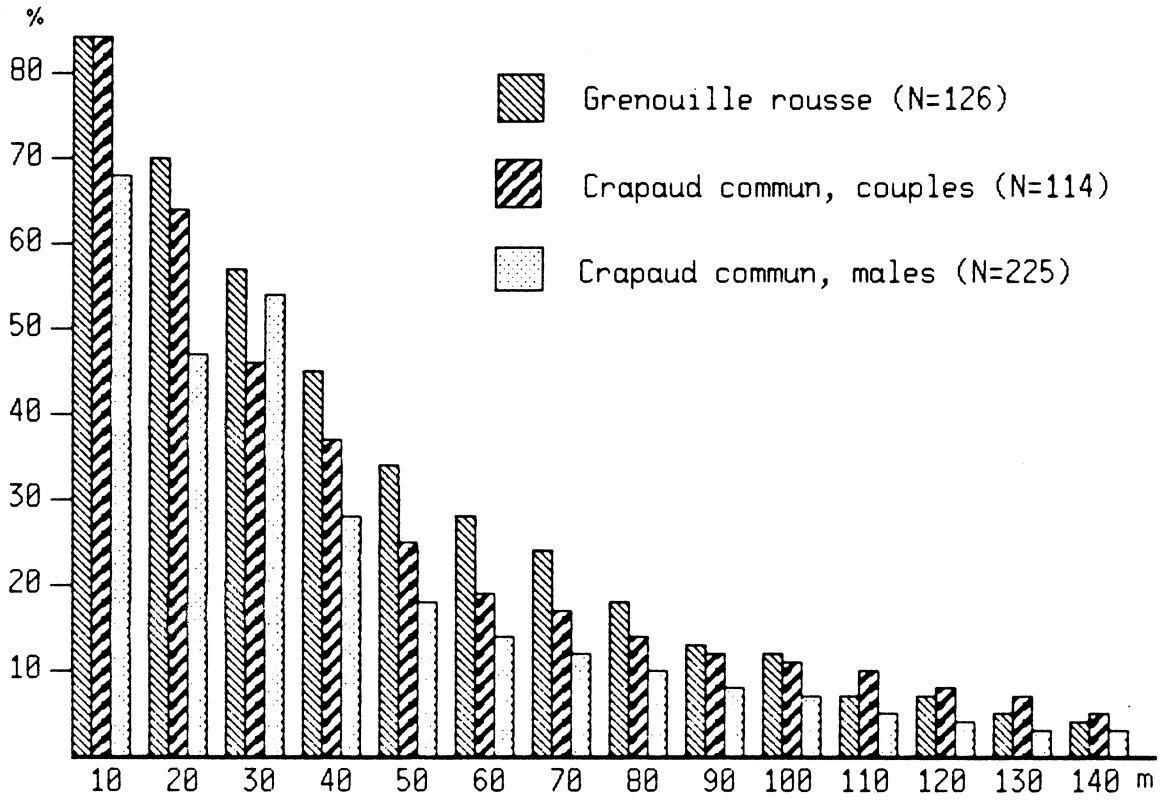


Figure 7. Capacité de déplacement latéral devant un obstacle (BERTHOUD 1973)

6. MESURES DE PROTECTION

6.1 Création d'un nouvel habitat dans les parages d'un ancien

Le domaine vital des batraciens se compose obligatoirement de milieux terrestres servant de terrains de chasse et de milieux aquatiques nécessaires pour la reproduction. Dans certains cas, la reconstitution d'une partie du domaine vital peut être envisagée.

La création de terrains de chasse n'a apparemment jamais été testée. Elle pourrait être appliquée dans des endroits où subsiste un lieu de ponte intact mais dépourvu, aux alentours, d'un milieu naturel approprié autre que celui existant au-delà d'une route aux problèmes insurmontables. C'est un cas qui se présente surtout près des agglomérations. On peut imaginer la création d'un milieu naturel ou subnaturel accueillant pour les amphibiens du côté libre et non menacé du plan d'eau: bois, haies, pâturage extensif, parc, verger, jardin naturel, potagers collectifs, berges naturelles de cours d'eau, etc. (si possible sans apports chimiques).

Il est évident que la réalisation de cette mesure s'étend sur plusieurs années. Les amphibiens de l'endroit coloniseront tout seul ce nouvel habitat s'ils n'ont pas disparu entre temps.

La création d'un étang de remplacement entre une route difficilement franchissable et l'habitat terrestre d'une population d'amphibiens est une solution intéressante quand les conditions s'y prêtent : terrain disponible et pente faible. Un étang forestier n'est accepté que s'il jouit d'un ensoleillement suffisant (limitation de la croissance des arbres). Pour ce qui concerne la création pratique de tels étangs, se référer entre autres aux publications suivantes:

ZIMMERLI E., 1980 : "Sciences de et dans la nature", WWF Suisse, 258 p.

ANONYME, 1981 : "Etangs naturels - comment les projeter, les aménager, les recréer", Office fédéral des Forêts, Groupe de travail de la Div. Prot. Nat. et du Paysage, Berne, 80 p.

Un nouvel étang ne remplace jamais tout à fait le lieu de fraye précédent. Le milieu vital créé a des caractéristiques différentes, offrant des conditions de vie plus favorables à certaines espèces, tandis que ces mêmes conditions seront plus

défavorables pour d'autres espèces, qui verront alors leur population diminuer. Il est presque exclu de remplacer en une fois par un plan d'eau de valeur équivalente un étang très varié et riche en espèces (plus de 6 espèces d'amphibiens). L'aménagement de plusieurs petits étangs de type différent est plus favorable que l'aménagement d'un seul plan d'eau lors d'une tentative de remplacement de lieu de ponte.

Le transfert d'un lieu de ponte à l'autre se fait par capture des adultes en route vers le lieu de fraye au moyen d'installations usuelles. Si on dépose les animaux capturés au bord du nouvel étang, ils le quittent aussitôt à la recherche du lieu de fraye habituel (ce comportement est particulièrement marqué chez le Crapaud commun). Il faut donc les contraindre à pondre sur place en entourant le nouvel étang par une clôture de treillis ou de plastique. Dès la ponte terminée, après une ou deux semaines, on ouvre les clôtures pour permettre aux animaux de repartir dans les endroits soumis à une forte prédation (absence de végétation et d'abris en général) on peut installer des cages en treillis sur le rivage pour contraindre les animaux à pondre à l'abri.

Une autre méthode de transfert consiste à transporter pendant plusieurs années (4 à 6 ans) les pontes récoltées sur le site menacé dans l'étang de remplacement prévu. Cette méthode donne de meilleurs résultats.

Un nouvel étang est rapidement adopté s'il est situé dans le même milieu que le terrain de chasse et sur le même axe de migration. Il sera d'ailleurs probablement colonisé spontanément à court terme.

L'ancien étang de fraye restera cependant toujours attractif et il sera probablement nécessaire d'installer une barrière empêchant de ce fait la traversée de la route à sa hauteur.

6.2 Transfert de populations à grande distance

En zone habitée ou en terrain difficile (par ex. escarpement, réseau routier, lac), il peut être nécessaire d'envisager le transfert de population comme seule mesure valable. Le nouvel habitat doit alors être suffisamment éloigné, car les amphibiens sont capables de revenir d'une distance de 5 km s'il n'y a pas d'obstacle important (autoroute, cours d'eau, ville). Les oeufs et les larves sont autant que possible transférés en totalité. En l'absence de nouvelles générations, les adultes ayant été capturés et relâchés ailleurs, la durée de l'opération de transfert se poursuit pendant le nombre d'années

nécessaires aux plus jeunes des individus restants pour atteindre leur maturité et migrer à leur tour. Il faut donc compter 4 ans pour la capture complète d'une population de Grenouilles rousses, et environ 6 ans pour une population de Crapauds communs.

Un lieu de ponte existant depuis longtemps jouit d'un équilibre naturel qui serait sensiblement perturbé par l'introduction de centaines de batraciens. Il est peu probable que la population d'amphibiens s'y accroisse vraiment du fait de ce nouvel apport. Il est plus judicieux de relâcher les bêtes dans un étang nouvellement créé où un équilibre naturel ne s'est pas encore instauré. Sans doute, les adultes ne reviendront-ils qu'en petit nombre au nouveau site de fraye la seconde année (davantage les Grenouilles rousses que les Crapauds communs). Mais les pontes de quelques individus suffiront à fonder une nouvelle population. Les autre bêtes vont errer dans le nouvel habitat et découvriront peut-être d'autres plans d'eau à adopter. Le transfert complet d'une population est donc assurément une méthode réalisable et justifiée; elle admet que les amphibiens doivent disparaître de certaines régions, ce qui est inévitable dans les conditions actuelles.

6.3 Choix de tracés routiers

Le déplacement d'une route existante étant difficilement réalisable, il faudrait par contre absolument que les exigences de la protection de la nature et des biotopes soient prises en considération dans la phase initiale de planification de tous travaux d'assainissement routier importants (corrections, contournements, etc) et de constructions nouvelles. Dans certains cas, il suffit de déplacer un tracé de 50 mètres pour éviter le passage entre un étang et un bois par exemple.

6.4 Interruption temporaire de la circulation routière

Une interruption du trafic des véhicules par une déviation de la circulation sur une route secondaire n'entre en ligne de compte que si elle ne crée pas trop de difficultés de circulation sur des routes secondaires. L'interdiction de circuler entre 19 h et 06 h, de début mars à mi-avril serait suffisante. On veillera à ne pas simplement déplacer le problème sur une route parallèle, dont le trafic est ainsi renforcé ! Cette solution ne protège que la migration printanière des adultes. L'investissement est faible et les populations se maintiennent en général très bien.

6.5 Signalisation routière

Le signal de danger représentant une grenouille, souvent utilisé bien que non réglementaire, n'a aucun effet positif, sinon de contribuer à la sensibilisation générale du public pour ce problème. Beaucoup d'automobilistes l'ignorent complètement, car ils ne savent pas comment se comporter. L'attention des conducteurs est émoussée devant des écriteaux restant en place, sans raison, pendant toute l'année.

6.6 Construction d'installations de protection le long des routes

6.6.1 Bilan des expériences effectuées en Europe

L'analyse qui suit examine les diverses propositions faites en Europe sur la manière d'aménager des installations fixes de protection pour les batraciens le long des routes. Toutes les installations permanentes expérimentées visent à protéger aussi bien les migrations des adultes pendant la reproduction que celles des jeunes après leur métamorphose.

Une étude préalable soignée permettant de connaître les espèces concernées, les effectifs de leurs populations et leurs voies de migration doit avoir lieu avant l'établissement de tout projet d'installations de protection des batraciens le long des routes. Cette étude est faite à l'aide de clôtures provisoires et de seaux pour récolter les animaux. Les données de base nécessaires à la conception des installations définitives doivent être confirmées par plusieurs opérations saisonnières de sauvetage.

Les installation comprennent obligatoirement deux éléments :

- Un obstacle de part et d'autre de la route empêchant l'accès à la chaussée.

- Des passages protégés permettant le fanchissement sans danger de la chaussée.

Un obstacle simple sous forme d'une clôture permanente est conseillé par différents auteurs, sous forme de treillis métalliques ou de panneaux de bois (GROSSENBACHER 1981, STOLZ & PODLOUCKY 1983, WORMS 1983 et KARTHAUS 1985). Toutefois ces matériaux présentent divers inconvénients.

Le treillis haut d'environ 50 cm, de mailles réduites, doit être recourbé dans sa partie supérieure de manière que les batraciens ne puissent pas l'escalader. Il est malheureusement facilement endommagé par les machines agricoles et résiste mal aux fondants chimiques.

Le bois conseillé est le sapin Douglas, le mélèze et le robinier. Malgré la qualité choisie, les campagnols, les tassements du sol ou simplement les batraciens eux-mêmes vont rapidement créer des passages sous la clôture.

Les cornières de béton en forme de L, hautes de 40 cm, restent finalement le seul matériau fiable. La base horizontale, placée vers l'extérieure de la route, offre une bande dégagée qui facilite la circulation des animaux. Ce système est parfaitement utilisable sous certaines conditions.

En effet, le problème principal des obstacles simples est que les animaux ne trouvent pas obligatoirement les passages protégés qu'on leur souhaite voir utiliser. Etant donné la faible capacité de déplacement latéral des batraciens (voir chapitre 5.3) de nombreux animaux renoncent totalement à se reproduire. L'obstacle simple guide toutefois parfaitement les animaux vers un passage protégé si l'angle existant entre l'axe de migration et l'orientation de l'obstacle n'est pas trop grand. C'est pourquoi MUELLER & BERTHOUD (1977) recommandent l'utilisation des cornières en béton, lorsque l'angle d'approche de la route est compris entre 0° et 60°. STOLZ & PODLOUCKY (1983), qui préconisent les obstacles simples, augmentent l'efficacité du système en construisant leurs barrages en forme de zig-zag de part et d'autre de la route. L'angle d'approche des batraciens est dans ces conditions effectivement favorable au rassemblement des animaux vers les passages prévus. Ce système présente toutefois l'inconvénient majeur d'utiliser une large bande de terrain sur les accotements de la route, ce qui est rarement possible, en tout cas en Suisse.

Les inconvénients du barrage en L sont éliminés en remplaçant l'obstacle simple par un fossé capturant les animaux. BERTHOUD (1973) recommande un caniveau en béton de 40 cm. de largeur et 40 cm. de profondeur enterré parallèlement à la route. Ce système a été testé pendant une douzaine d'années et s'avère très efficace après quelques adaptations (MUELLER & BERTHOUD 1984). Il permet d'amener rapidement tous les animaux à l'entrée des passages sous-route et ne demande pas d'entretien particulier.

Les passages protégés au travers de la chaussée ont nécessité également de nombreuses recherches. Les installations adoptées sont toujours constituées d'un ou de plusieurs passages sous-

route. Aucun passage supérieur n'a été envisagé pour des questions de coûts. De nombreux systèmes ont été testés. Les variantes concernent les points suivants :

- Diamètres des tuyaux utilisés
- Tuyaux en ciment ou en plastique
- Passage simple utilisable dans les deux sens ou passage double utilisable à sens unique.

BILDHAUER (1983) a testé des tuyaux de différents diamètres. Il constate que les tuyaux de gros diamètres sont plus facilement adoptés. Il faut cependant noter que de petits diamètres sont également utilisables. BERTHOUD, MUELLER et PERRET-GENTIL (1973) ont testé des tuyaux de 30 et 40 cm de diamètre pour des questions techniques de construction de route. BERTHOUD & MUELLER (1984) conseillent finalement un diamètre minimum de 40 cm. Utilisés dans les mêmes conditions, les tuyaux de matière plastique présentent la même efficacité que ceux en ciment.

Le principal problème divisant les observateurs est celui des passages doubles ou simples. BERTHOUD (1973), constatant la difficulté d'obliger les batraciens à passer dans les tuyaux sous la chaussée, sans utiliser de contraintes, propose un système avec un sac d'entrée dans lequel les animaux piégés ne peuvent ressortir qu'en utilisant le passage sous la chaussée. Ce système nécessite la pose de deux passages parallèles sous la route, chacun étant emprunter à sens unique.

Ce système a été testé et amélioré pendant une douzaine d'années et fonctionne parfaitement (BERTHOUD & MUELLER 1984). Les passages simples ont été étudiés par plusieurs auteurs qui obtiennent des résultats très variables. En Suisse TRENTINI (1980) et GROSSENBACHER (1981) constatent une utilisation très faible voir nulle de ce genre de passage. En Basse Saxe, où existent plusieurs installations de ce genre, les indications d'une bonne utilisation des passages manquent totalement (STOLZ & PODLOUCKI 1983). Par contre, KARTHAUS (1985) a obtenu des résultats très satisfaisants en construisant un large passage rectangulaire pour des crapauds communs. Cet auteur n'indique toutefois pas la proportion d'animaux qui trouvent spontanément l'entrée des passages. De toute évidence les passages simples peuvent donner des résultats favorables dans des situations particulières, mais ces résultats sont trop aléatoires pour pouvoir garantir une efficacité suffisante à long terme.

RYSER (1985) analyse les résultats obtenus par 17 installations différentes construites en Suisse sans prendre position pour l'un ou l'autre des systèmes. Il constate que seules des installations complètes comprenant à la fois des caniveaux

collecteurs et des doubles passages à sens unique, donnent entière satisfaction.

Les aménagements de détail jouent également un rôle important sur le fonctionnement de l'installation.

Tous les auteurs s'accordent pour dire que la lumière doit pénétrer par les sorties des passages et que les pentes de sortie de ceux-ci doivent être aussi faibles que possible. KERESZTES & ZUERCHER (1978) indiquent une pente maximale de 15 à 20°. Dans l'installation type "Sépey" le problème a été résolu en supprimant totalement les tuyaux coudés de sortie. Les passages débouchent, dans ce cas, sur un large entonnoir en terre battue.

La stagnation de l'eau dans les tuyaux doit être absolument évitée pour ne pas inciter les animaux à y pondre ou s'y noyer (cas des jeunes).

Plusieurs auteurs se sont inquiétés des animaux qui stationnent longuement à l'entrée des passages au risque d'y périr desséchés. Ce problème a été résolu en supprimant les angles dans les sacs d'entrée des passages sous-route et en couvrant ces entrées presque totalement (BERTHOUD & MUELLER, 1984) pour supprimer la lumière et diminuer au maximum les courants d'air.

En résumé, les diverses expériences effectuées en Europe ces dernières années ont apporté de nombreuses solutions pour améliorer les installations de protection. Le succès parfois mitigé de certaines installations expérimentales provient toujours d'un manque de connaissances sur le comportement des batraciens et d'un manque de pratique dans l'application des données au niveau de la construction technique.

La conduite des recherches effectuées à l'Etang du Sépey est, sur ce point, exemplaire. Il a fallu la participation de nombreuses personnes et des observations poursuivies pendant 15 ans pour obtenir un résultat fiable. Il serait regrettable que d'autres groupes de recherche ne profitent pas de l'expérience ainsi acquise.

6.6.2 Principes des installations du Sépey

Les recherches effectuées à l'Etang du Sépey

De 1969 à 1985, un groupe de travail formé de biologistes et d'ingénieurs, soutenus financièrement par la Commission de recherches en matière de construction de routes, s'est efforcé de mettre au point des installations de protection pour les

batraciens, efficaces et satisfaisantes du point de vue de la construction routière. De nombreux essais concernant le comportement migratoir des animaux, l'efficacité de divers types de barrières en treillis, en bois et en plastique , la forme des collecteurs, la longueur et le diamètre des tuyaux, le principe du passage à sens unique ou à double sens ont conduit à l'élaboration d'une installation modèle. Cette dernière, construite en 1978, a été suivie et améliorée jusqu'en 1984. Actuellement, elle fonctionne parfaitement*.

Résumé des essais et des résultats obtenus .

I. Essais d'installations collectrices

1. Barrages simples rectilignes

Matériaux :	feuilles plastiques, treillis métalliques, planches en bois ou en ciment.
Avantages :	avantageux, facilement adaptables au terrain, surface utilisée réduite.
Inconvénients :	installations fragiles , entretien important, efficacité limitée, déplacements latéraux des animaux limités.
Remarques :	principe utilisable à long terme dans les conditions suivantes : - les cornières de ciment de forme de L, placées en pied de talus conviennent parfaitement; - l'angle entre la direction de migration et la route est inférieur à 60°.

2. Barrages simples en forme de V dirigé vers les entrées des passages.

Matériaux :	feuilles plastiques , planches en bois.
Avantages :	déplacements latéraux favorisés, avantageux, facilement adaptables au terrain.
Inconvénients :	surfaces utilisées importantes, entretien important.

---

* Toute ces recherches sont décrites dans une série de rapports. Le résumé des recherches et la description de l'installation modèle ont été publiés en français et en allemand (BERTHOUD et MUELLER, 1985 et 1986). Ils peuvent être obtenus auprès du Bureau ECONAT, Hippodrome 19, 1400 Yverdon.

3. Fossés rectilignes avec éléments en U.

Matériaux :	éléments préfabriqués en ciment
Avantages :	récolte intégrale de tous les animaux, surfaces utilisées réduites, peu d'entretien, obligation aux animaux d'utiliser les passages sous-routes.
Inconvénients :	coût important, exige l'intervention d'entreprises de génie civil.
Remarque :	les caniveaux en béton présentent l'avantage de ne pas être envahis par la végétation. Des ouvertures latérales régulièrement réparties permettent aux animaux ne désirant pas traverser la route de sortir des installations.

II. Essais de passages sous-route

1. Passages à double sens, essai I.

Matériaux :	tuyaux ciment de 30 cm de diamètre.
Avantanges :	facilité de pose sous la chaussée
Inconvénients :	utilisation non spontanée, poussière corrosive du ciment, courants d'air violents, insuffisance de lumière dans le conduit, difficulté de contrôle et de nettoyage.

2. Passage à double sens, essai II.

Matériaux :	tuyaux ciment de 50 cm de diamètre.
Avantages :	suffisance de lumière dans le conduit, possibilité de contrôle et de nettoyage du conduit.
Inconvénients :	utilisation non spontanée, difficulté de pose sous la chaussée

3. Passages à sens unique (doubles conduits en parallèle)

Matériaux :	tuyaux ciment de 30 cm de diamètre.
Avantages :	possibilité d'aménager un sac d'entrée, utilisation spontanée si entrée et sortie correctement aménagées.
Inconvénients :	nécessité de placer deux passages en parallèle, coût plus élevé

4. Entrée du passage en fosse ouverte.

Avantages :	bonne récolte des animaux en migration.
Inconvénients :	accumulation des animaux, trop de lumière, risque de gel ou dessèchement.

5. Entrée du passage en fosse couverte.
   Avantages : bonne récolte des animaux, sationnement nul, absence de lumière et peu de courants d'air.
   Inconvénient : néant.

6. Sortie du passage sous-route en déblai.
   Avantages : néant.
   Inconvénients : peu de lumière dans le conduit, nécessité de construire une sortie en entonnoir de terre battue, difficulté d'écoulement de l'eau.

7. Sortie du passage sous route en remblai.
   Avantages : conduit rectiligne, bonne pénétration de la lumière.
   Inconvénients : néant.

6.6.3 Normes concernant la protection des batraciens le long des routes

L'expérience acquise en Suisse et à l'étranger permet aujourd'hui d'établir des directives pour l'établissement de projets de mesures de protection des batraciens le long des routes ainsi que pour la réalisation d'installations de protection adéquates.

La VSS (Vereinigung schweizerische Strassen Fachleute - Union des professionnels suisses de la route, Zürich) a publié en 1976 une première norme sur la protection des batraciens concernant les bases, projet et mesures de protection (norme SNV 640'697). Cette norme garde toute sa valeur aujourd'hui et ne nécessite qu'une mise à jour.

Les connaissances en matière de réalisation d'installations de protection permettent aujourd'hui l'établissement d'une norme au sujet des installations.

Un projet de révision de la norme SNV 640'697 ainsi qu'un projet de norme concernant les installations de protection des batraciens le long des routes figurent en annexe à ce rapport.

7. APPLICATION A LA PROTECTION DES BATRACIENS

7.1 Introduction

La mise en oeuvre de mesures de protection pour les batraciens le long des routes nécessite la réunion de connaissances de base au niveau de la région. En effet, la conception éventuelle d'ouvrage de protection doit d'abord s'appuyer sur une réflexion générale sur les possibilités de protection des batraciens dans la région. Toutes constructions efficaces étant onéreuses, il vaut mieux se demander auparavant si l'investissement se justifie et si le choix est adéquat.

7.2. Inventaires des sites concernés

Lorqu'un tronçon routier dangereux pour les batraciens est localisé, il faut :

- chercher les frayères et les terrains de chasse de la population touchée;

- s'assurer de la pérennité des quatre éléments constituant le milieu vital des animaux concernés;

- rechercher les autres possibilités de sites de reproduction et de terrain de chasse; si d'autres possibilités existent, il vaut peut être mieux favoriser le développement d'autres populations et laisser disparaître la population menacée.

7.3 Mesures provisoires de protection

Le repérage précis des zones où les batraciens se font écraser vont permettre de mettre en place des mesures provisoires de protection. Les mesures les plus efficaces sont la pose de petites barrières de plastique polyéthylène tendues entre des aiguilles doubles de fer le long des tronçons à étudier et de les compléter par une série de seaux enterrés régulièrement à 30 cm les uns des autres au pied du barrage. Ce système simple permet de connaître très précisément les espèces présentes, leurs effectifs et les zones les plus fréquentées par les batraciens en migration.

7.4 Choix des mesures adéquates de protection

Une fois toutes les données de base réunies, il sera possible de décider des mesures appropriées d'aménagements.

Les installations de protection le long de la chaussée coûtant très cher, il faut se demander si l'investissement ne serait pas mieux placé dans l'aménagement de nouveaux plans d'eau situés dans des zones exemptes de routes à trafic important.

Lorsque le plan d'eau est important et qu'il joue un rôle déterminant pour toute une faune liée aux milieux aquatiques, une installation de protection avec des passages protégés se justifie alors pleinement. Ceci d'autant plus que de nombreux animaux terrestres autres que les batraciens vont également profiter de ces installations. En effet, l'observation continue du fonctionnement des installations du Sépey a montré que de nombreux reptiles, petits mammifères et insectes utilisent volontiers les passages sous-routes (BERTHOUD et MUELLER, 1984).

7.5 Conception et réalisation des installations définitives

L'élaboration définitive d'une installation de protection ne peut être faite valablement qu'en étroite collaboration entre biologiste connaissant le comportement des batraciens et ingénieur responsable connaissant la construction le long de la route. Sans ce dialogue, les risques d'aboutir à des solutions insatisfaisantes pour les deux parties est très grand. Il suffit d'un déplacement latéral des passages de quelques mètres, d'une pente insuffisante d'un passage ou d'une mauvaise orientation des caniveaux collecteurs pour que l'ensemble de l'installation fonctionne mal.

Pendant la construction des ouvrages, et malgré des plans détaillés, il est toujours nécessaire de suivre les travaux de près pour adapter l'ouvrage au terrain en tous points.

Le responsable des travaux devra souvent légèrement modifier la manière de réaliser l'ouvrage (pose de drains supplémentaires, modification de niveau, détours pour obstacles imprévus, etc). Souvent, il croit bien faire en voulant "améliorer" de manière inadéquate la construction des différents éléments: jointoyage des caniveaux et des tuyaux, suppression de rebords inesthétiques, évacuation de la terre contenue dans les collecteurs, etc... Il doit être parfaitement informé sur le but des installations et la manière dont elles doivent fonctionner. La

collaboration du biologiste reste de ce fait indispensable également pendant cette phase.

7.6 Suivi écologique

Une fois réalisée, une installation de protection ne doit pas être abandonnée à elle-même. Même si elle est prévue pour fonctionner de manière autonome, obstructions ou dégâts sont toujours possibles.

La végétation herbacée est bien venue pour fournir un minimum d'ombrage dans les caniveaux ou plus simplement pour masquer l'ouvrage. Elle risque toutefois d'être génante si elle est trop abondante.

En lisière forestière, les feuilles mortes vont remplir chaque automne l'installation et risquent de boucher les passages sous-route.

Les enfants, ou parfois aussi des animaux, peuvent introduire des matériaux (terre, branches, cailloux, etc.) dans les canalisations et les boucher. Enfin, un véhicule sortant de la route peut endommager les caniveaux.

Il est recommandé de procéder à une inspection et un nettoyage complet des installations au moins une fois par année. La période idéale se situe juste à la fonte des neiges. Ce travail devra être fait par le service de la voirie concerné, sur demande du biologiste responsable du suivi écologique.

Le suivi écologique est nécessaire non seulement pour les problème d'entretien, mais également pour étudier les adaptations ou les compléments de construction nécessaires au bon fonctionnement des installations. Des améliorations non prévues dans la conception de l'installation standard sont souvent possibles, voir nécessaires.

Par exemple , les points suivants doivent être examinés :
- pose de barrages provisoires pendant les périodes de migration au débouché des chemins de dévestiture;

- plantation éventuelle de buissons en bordure des caniveaux collecteurs pour créer un ombrage;

- dégagement maximum des sorties des passages pour une bonne pénétration de la lumière.

De plus, il est utile de suivre l'évolution des populations de batraciens de manière à pouvoir confirmer le bon fonctionnement des installations. Une expérience locale a toujours valeur d'exemple lorsqu'il s'agit de négocier la réalisation de nouvelles installations de protection.

7.7 Synthèse des données et diffusion des informations

Le choix d'une méthode de protection dépend beaucoup des conditions locales. Etant donné les années nécessaires pour réaliser une installation performante et le coût d'une telle réalisation, il est vivement recommandé de suivre aussi strictement que possible les données fournies pour une installation standard fonctionnant parfaitement et ensuite d'envisager des adaptations locales.

Il est souhaitable de signaler chaque expérience aux auteurs de ce rapports ou au Centre Suisse de Coordination pour l'Etude et la Protection des Batraciens et Reptiles (Adresse : Naturhistorisches Museum, Bernastrasse 15, CH-3005 Bern), de manière que la synthèse des données et la diffusion des informations puissent se faire régulièrement au profit de tous - et surtout au profit des amphibiens.

8. RESUME

L'impact du trafic routier sur les populations de batraciens préoccupe les milieux de la protection de la nature et de la construction de la route depuis de nombreuses années.

Cette publication est un rapport final sur un mandat de la commission de recherches en matière de construction des routes. Ce mandat intitulé "Protection des batraciens" attribué en 1974 visait, d'une part, à étudier les éléments de la biologie des batraciens en relation avec les hécatombes observées périodiquement sur certains tronçons routiers, et, d'autre part, à mettre au point des installations de protection efficace et techniquement acceptables pour la contruction routière.

Plusieurs publications présentent les résultats obtenus dans les diverses phases de ce projet (BERTHOUD & MUELLER 1984; BERTHOUD, MUELLER, PERRET-GENTIL & SERMET 1973; MUELLER & BERTHOUD 1977 et 1980; MUELLER, PERRET-GENTIL & SERMET 1973). Ce rapport final résume les connaissances actuelles sur le phénomène des migrations, la dynamique de populations et le milieu vital des batraciens. Il examine également les mesures de protection proposées par divers auteurs en Europe et décrir les installations types mises au point à l'étang du Sépey, près de Cossonay (VD). Ces dernières sont considérées comme étant actuellement les seules installations de protection des batraciens le long des routes pouvant garantir une protection efficace.

En annexe figurent deux projets de normes à l'attention des constructeurs de route et concernant la protection des batraciens le long des routes.

9. REMERCIEMENTS

L'Etat de Vaud, par l'intermédiaire de la Section Protection de la Nature et des Sites du Département des Travaux Publics, et la Commune de Cossonay, ont permis la réalisation des installations-types de l'Etang du Sépey.

Leur intérêt et leurs encouragements marquent un pas important vers la compréhension des problèmes technico-écologiques où les exigences de la nature cèdent trop souvent devant les intérêts économiques.

Au cours des 15 années d'étude, de nombreuses personnes ont participé directement aux essais d'installation de protection et aux observations sur le terrain. Ce sont, en particulier, Monsieur Fiechter, Voyer de l'arrondissement de Cossonay et son équipe de construction des routes, et Messieurs C. Perret-Gentil, J.-M. Pillet et E. Sermet. Que toutes ces personnes et instances trouvent ici nos remerciements les plus chaleureux.
Nous remercions également Monsieur K. Grossenbacher, Responsable du Centre de Coordination pour la Protection des Amphibiens et des Reptiles de Suisse, pour ses encouragements et ses remarques sur la rédaction de ce rapport.

10. BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, 1981. Etangs naturels - comment les protéger, les aménager, les recréer. Office fédéral des forêts. Groupe de travail Div. Prot. Nat. et Pays., Berne. 80 p.

ARNOLD E.N. & BURTON J.A., 1978. Reptiles et Amphibiens d'Europe. Ed. Elsevier. 271 p.

BERTHOUD G., 1973. Recherche sur la biologie des batraciens et application à leur protection le long des routes . Trav. lic. Univ. Neuchâtel. 118 p.

BERTHOUD G. & MUELLER S., 1984. Installations de protection pour batraciens. Efficacité et effets secondaires. Dép. féd. transport, communications et énergie. O.F.R. Rapport de recherche.40 p.

BERTHOUD G., MUELLER S., PERRET-GENTIL C. & SERMET E., 1973. Protection des batraciens le long des routes. Rapport intermédiaire 2. Comm. rech. en matière const. de routes. 25 p.

BRODMANN P., 1982. Les amphibiens de Suisse. Ligue suisse Prot.Nat., Bâle. 50 p.

DOTTRENS E., 1963. Batraciens et Reptiles d'Europe. Ed. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 286 p.

FISCHER H., 1969. Massentod von Erdkröten und Fadenmolchen auf der Autobahn und auf der Staatsstrasse von Kaiseraugst nach Rheinfelden, Schweiz. Naturschutz 35:66-69.

FISCHER H., 1972. Massnahmen gegen den Massentod von Lurchen. Schweiz. Naturschutz 38:100-101.

FRETEY J., 1975. Guide des Reptiles et Batraciens de France. Ed. Hatier, Paris. 256 p.

GROSSENBACHER K., 1981. Amphibien und Verkehr. Koord. stelle. für Amphib. + Reptilienschutz in der Schweiz, Bern. 25 p.

HEUSSER H., 1968. Amphibien werden umgesiedelt. Natur und Mensch. 11:24-28.

HOTZ H.J. & BROGGI M.F., 1982. Liste rouge des espèces d'amphibiens et de reptiles menacés et rares en Suisse. Ligue suisse Prot. Nature, Bâle. 112 p.

KARTHAUS G., 1985. Schutzmassnahmen für wandernde Amphibien vor einer Gefährdung durch den Strassenverkehr. Beobachtungen und Erfahrungen. Nat.u.Landschaft. 60,H-6:242-247.

KERESZTES J. ZUERCHER H., 1978. Schutzmassnahmen für Lurche beim Strassenbau. Strassen und Verkehr. 3:101-104

KUHN J., 1984. Eine Population der Erdkröte auf der Ulmer Alb: Wanderungen, Strassentod und Ueberlebensaussichten 1981. Jh.Ges. Naturkunde, Württemberg. 139:123-159.

MATZ G. & WEBER D., 1983. Guide des Amphibiens et Reptiles d'Europe. Ed.Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 292 p.

MUELLER S. & BERTHOUD G., 1977. Protection des batraciens le long des routes. Recommandations pour la protection des voies de migration. Rapport intermédiaire n°3. Comm. rech. en matière de construction de route. 23 p.

MUELLER S. & BERTHOUD G., 1980. Installation de protection pour les batraciens. Efficacité et effets secondaires. Rapport intermédiaire n°1. Comm. rech. en matière de construction de route. 19 p.

MUELLER S., PERRET-GENTIL C. & SERMET E., 1973. Protection des batraciens le long des routes. Rapport intermédiaire n°1. Comm. rech. en matière de construction de route. 30 p.

RYSER J., 1985. Amphibien und Verkehr. Teil 2. Koord. stelle.f. Amphi. + Reptilienschutz in der Schweiz. 24 p.

STOLZ F.M. & PODLOUCKY R., 1983. Krötentunnel als Schutzmassnahme für wandernde Amphibien, dargestellt am Beispiel von Niedersachsen. Info. Naturschutz, Hannover. 3/1, 20 p.

STOEMER W., 1981. Amphibienverluste an Verkehrstrassen. Erfahrungsbericht im Auftrag des Ministeriums für Ernährung. Landwirtschaft und Forsten Schleswig - Holstein. Unveröffentlicht.

TRENTINI B. &B., 1980. Amphibienschutz an Strassen. Bund für Umwelt und Naturschutz, Deutschland. Info Nr 9:5-11.

VAN GELDER J.J., 1973. A quantitative approach to the mortality resulting from trafic in a population of Bufo bufo L. Oecologia 13:93-95

WORMS E., 1983. Amphibienschutzmassnahmen. Polycopié. Univ. Essen. 46 p.

ZIMMERLI E., 1983. Sciences de et dans la Nature. WWF Suisse, Zürich. 258 p.

ANNEXE I

Projet de révision de la norme SNV 640 697

PROTECTION DES BATRACIENS

Bases, mesures de protection et projet

A. GENERALITES

1. Objet

Les batraciens (crapauds, grenouilles, tritons, salamandres) sont protégés par la loi (art. 24 de l'arrêté d'exécution de la loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage).

La présente norme fournit aux constructeurs de routes les connaissances minimum nécessaires pour traiter les problèmes que posent les batraciens le long des routes.

2. But

Les mesures de protection ont pour but d'assurer la plus grande sécurité possible aux batraciens en mouvement face à la circulation routière.

Ces mesures soulèvent de nombreuses questions dont il faut tenir compte lors de l'établissement de projet de protection des batraciens.

Des recherches préalables sont de ce fait indispensables, en particulier pour délimiter les zones dangereuses pour ces animaux et déterminer leur comportement dans ces zones.

B. CONNAISSANCES DES BATRACIENS

3. Espèces de batraciens en Suisse

Il y a 18 espèces de batraciens dans notre pays : 6 urodèles ou batraciens à queue, soit 4 de tritons et 2 de salamandres,

ainsi que 12 anoures ou batraciens sans queue.

Toutes ces espèces sont plus ou moins nombreuses suivant les régions et selon les lieux et l'altitude. Deux d'entre elles sont présentes presque partout à savoir : la grenouille rousse et le crapaud commun.

4. Rôle écologique des batraciens

Dans leur milieu naturel, les batraciens sont des maillons essentiels des chaînes alimentaires. Ils se nourrissent d'insectes, de mollusques et de vers. Les larves, les jeunes métamorphosés et les adultes sont une source importante de nourriture pour de nombreuses espèces d'animaux.

5. Vie des batraciens

Certaines espèces vivent exclusivement dans l'eau. Les autres n'y vont que pour pondre; ils passent la plus grande partie de l'année dans les forêts et dans d'autres milieux naturels, mais se déplacent périodiquement pour se rendre sur les lieux de ponte. Chaque espèce de batraciens a une période de ponte propre qui est déterminée par de nombreux facteurs, tels que : facteurs héréditaires, dépendance du climat, ensoleillement des lieux de ponte, etc...

Tous les plans d'eau ne se prêtent pas la reproduction des batraciens. Chaque espèce a ses besoins particuliers dans ce domaine.

Les batraciens sont liés à leur lieu de ponte et leur voie de migration par des facteurs internes. Pour certaines espèces, les lieux de ponte utilisés doivent rester intacts car ces espèces n'acceptent que difficilement de nouveaux lieux de reproduction.

6. Migrations

En règle générale, les animaux adultes se déplacent entre le crépuscule et minuit pendant des nuits pluvieuses et lorsque la température est supérieure à 4°C. Les migrations des adultes ont lieu partiellement à la fin de l'automne et surtout au

printemps après la fonte des neiges. Les jeunes métamorphosés, pour leur part, quittent les étangs de jour pendant l'été.

Les voies de migration sont plus ou moins longues selon la distance qui sépare les terrains de chasse des lieux de ponte. Ces voies sont choisies en fonction de la facilité de déplacement. Les adultes et les jeunes se déplacent en règle générale sur des voies identiques avec toutefois des différences locales.

7. Dangers pesant sur les biotopes des batraciens

La construction et l'exploitation des routes peuvent mettre en danger les lieux de ponte ainsi que les voies de migration et les territoires de chasse des batraciens.

Les lieux de ponte doivent absolument être conservés afin d'assurer le maintien des populations. Si la destruction d'un lieu de reproduction est inévitable lors de la construction d'une route, il faut dans toute la mesure du possible recréer des lieux de ponte de remplacement en des endroits adéquats.

Si les voies de migration croisent des routes, les batraciens adultes y seront écrasés en grand nombre au début du printemps et à la fin de l'automne alors que les jeunes métamorphosés le seront en été. Les voies de migration perturbées doivent être protégées à l'aide de mesures techniques.

Des mesures de protection sont pratiquement impossibles à prendre dans les territoires de chasse où les animaux se déplacent continuellement même en dehors de la période de ponte et, de ce fait, s'y font écraser sur les routes toute l'année.

C. MESURES DE PROTECTION

8. Mesures temporaires

Les mesures suivantes nécessitent peu de temps pour être réalisées et peuvent être mises en place rapidement le long de tronçons de route dangereux pour les batraciens.

a) Barrage de route

Cette mesure est applicable là où le trafic peut être faci-

lement détourné et si la route concernée n'est pas une route de transit importante. Un arrêté de l'autorité compétente est nécessaire dans tous les cas.

b) **Etablissement d'obstacles provisoires** (fig. 1 - 3)

Ces obstacles peuvent être constitués par des planches en bois ou des bandes de plastique d'environ 40 cm de hauteur. Ils doivent être légèrement enfouis dans le sol. Des seaux de 30 cm de profondeur sont enfoncés jusqu'au ras du sol à environ 10 m les uns des autres, le long des obstacles, afin de recueillir les animaux qui les longent. Ces seaux doivent être vidés de l'autre côté de la route au lever du jour.

Les mesures décrites ci-dessus sont également utilisés pour réunir les données nécessaires aux études concernant la protection des batraciens.

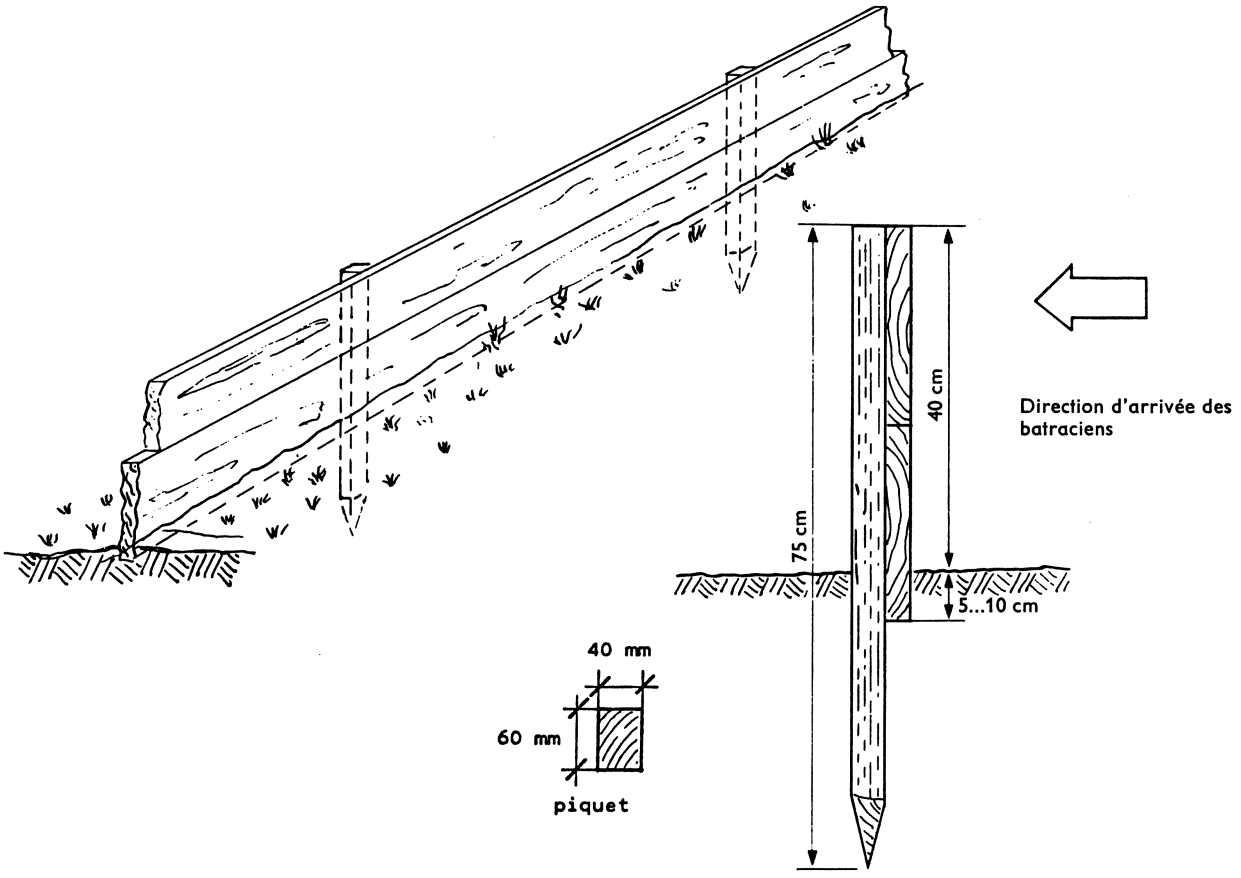


Figure 1. Clôture provisoire en bois

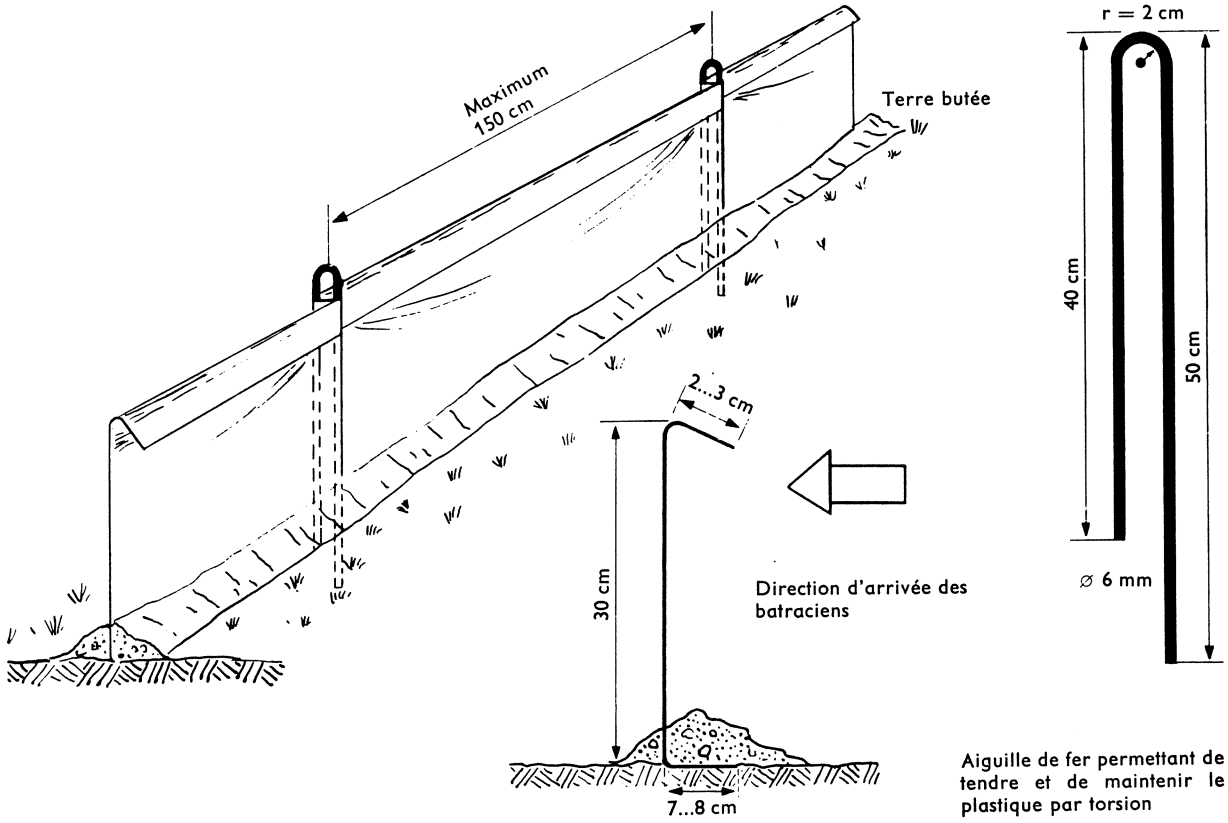


Figure 2. Clôture provisoire en plastique

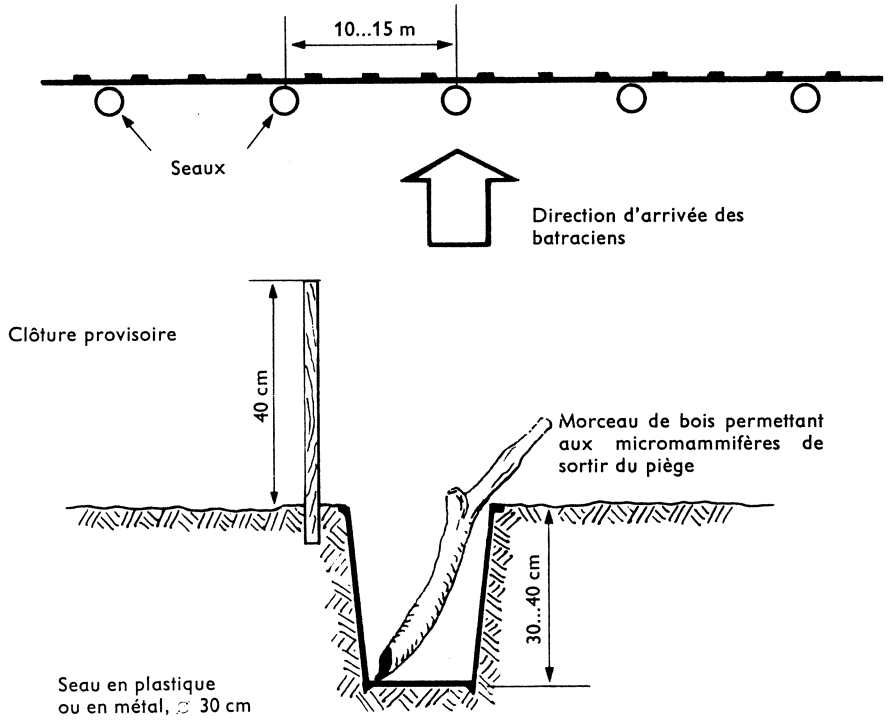


Figure 3. Installations de capture

9. Mesures permanentes

a) Création de cheminements favorables

A l'intérieur des couloirs de migration existants, il est possible de créer des cheminements favorables et sans danger pour amener les batraciens à franchir une chaussée à un endroit prévu à cet effet (passage sous route).

b) Installations de protections

Ces installations doivent permettre au plus grand nombre possible de batraciens de traverser la route sans danger. Elles ont pour but de rassembler les animaux et de les diriger vers les passages protégés prévus à leur intention. Les caractéristiques de ces installations font l'objet d'une norme correspondante. Leurs projets doivent être établis en collaboration avec des spécialistes sur la base des données citées dans le chapitre suivant.

c) Déplacement de populations

Le déplacement d'une population peut devenir nécessaire dans certains cas critiques et en particulier lorsque les biotopes sont menacés d'une destruction définitive.

Pour ce faire, les adultes sont capturés de préférence juste avant la ponte et relâchés dans des étangs entourés de clôtures. Après la ponte, les animaux sont libérés afin qu'ils puissent partir à la recherche de nouveaux territoires de chasse.

L'opération doit être répétée au moins pendant trois printemps consécutifs de manières à capturer la majorité de la population existante.

Le déplacement de populations soulève de nombreux problèmes. Il touche en particulier celui du sens de l'orientation des animaux qui est très mal connu. Ce travail doit être confié à des spécialistes des batraciens pour être menés à chef avec succès.

D. PROJET DE MESURES DE PROTECTION

10. Documents nécessaires

Les données suivantes sont nécessaires à l'établissement d'un plan de protection des batraciens ou d'un projet d'installation de protections de ces animaux.

a) **Localisation des milieux vitaux**

L'emplacement des frayères, des voies de migration pour les adultes et des jeunes, des territoires de chasse et des sites d'hibernation, ainsi que la localisation des voies de déplacement les plus fréquentes dans chaque couloir de migration, permettent de fixer les limites des tronçons de routes le long desquels des mesures de protection doivent être prises.

b) **Evolution future du biotope**

Des mesures de protection ne se justifient que si des batraciens peuvent se maintenir à long terme dans les biotopes concernés. Il faut toutefois que l'intégrité des biotopes soit assurée pour une période suffisamment longue avant d'étudier des mesures de protection.

c) **Inventaire de la faune concernée par la route**

Liste des espèces de batraciens et de leurs prédateurs avec leurs effectifs estimés.

d) **Données concernant le terrain**

- Morphologie du sol dans les couloirs de migration au voisinage de la route;
- Localisation des points bas du terrain naturel;
- Nature du sol au voisinage de la route et au-dessous de celle-ci;
- Régime des eaux superficielles et souterraines;
- Couverture végétale du sol autour de la route;
- Obstacles artificiels (canalisations, conduites diverses, etc...);
- Caractéristiques du trafic sur la route considérée.

Ces données servent à fixer l'implantation des divers éléments des installations de protection.

11. Récolte des données

Les données nécessaires sont obtenues par des observations directes ou par des observations faites le long d'obstacles provisoires établis conformément au chiffre 9b ci-dessus. Ces observations servent à déterminer les caractéristiques des voies de migration et le comportement des batraciens (adultes et jeunes) sur leurs cheminements.

Les animaux rassemblés le long des obstacles sont déterminés et comptés. Les indications correspondantes sont reportées selon l'espèce sur des formules adéquates (tableau 1). Un plan de situation correspondant à la zone observée doit être joint aux formules (fig. 4).

Les données mentionnées sous chiffres 10a et c doivent être établies sur la base d'observations faites régulièrement pendant une période de 24 ou 36 mois consécutifs afin d'être significatives.

Les observations nécessaires doivent être confiées à des spécialistes des batraciens : zoologues, biologistes, professeurs et étudiants, membres de sociétés des sciences naturelles.

Tierart: Espèce: Erdkröte/Crapaud						Ort: Lieu: Sépey						Hinweg/Aller ~~Rückweg~~ / ~~Retour~~			Jahr: Année: 1970				
Datum Date	Nr. der Fangstellen Nos des pièges 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total Total
18.3	–	–	–	1	1	–	1	4	2	1	–	–	1	–	–	–	–	–	11
19.3	–	–	–	–	–	1	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3
20.3	–	–	–	–	–	–	2	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	4
22.3	4	2	7	1	4	13	54	32	11	4	1	3	2	–	–	–	–	–	138
23.3	–	–	–	5	4	7	25	27	8	5	4	4	–	–	–	–	–	–	89
24.3	1	–	–	7	3	22	14	21	20	12	11	7	1	–	–	–	–	–	119
25.3	–	1	1	3	4	8	11	29	13	3	1	2	1	1	–	–	–	–	78
26.3	1	2	1	–	5	8	70	83	57	9	1	3	3	–	–	–	–	–	243
31.3	–	–	–	–	1	–	–	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	3
12.4	1	2	12	13	4	17	21	22	13	17	9	2	–	2	–	–	–	–	135
13.4	1	–	1	–	2	4	5	3	3	–	1	1	1	–	–	–	–	–	22
16.4	5	4	2	8	21	33	75	82	54	27	11	1	2	2	–	–	–	–	327
19.4	18	14	21	37	54	78	83	97	47	51	39	19	3	4	–	–	–	–	565
20.4	–	2	1	–	–	5	27	31	1	–	7	–	3	1	–	–	–	–	78
21.4	–	–	–	8	3	11	9	28	17	7	5	1	2	–	–	–	–	–	92
Total Total	32	27	46	83	106	207	397	464	247	136	90	43	19	10	–	–	–	–	1907

Tableau 1. Formule pour relevé de piégeage

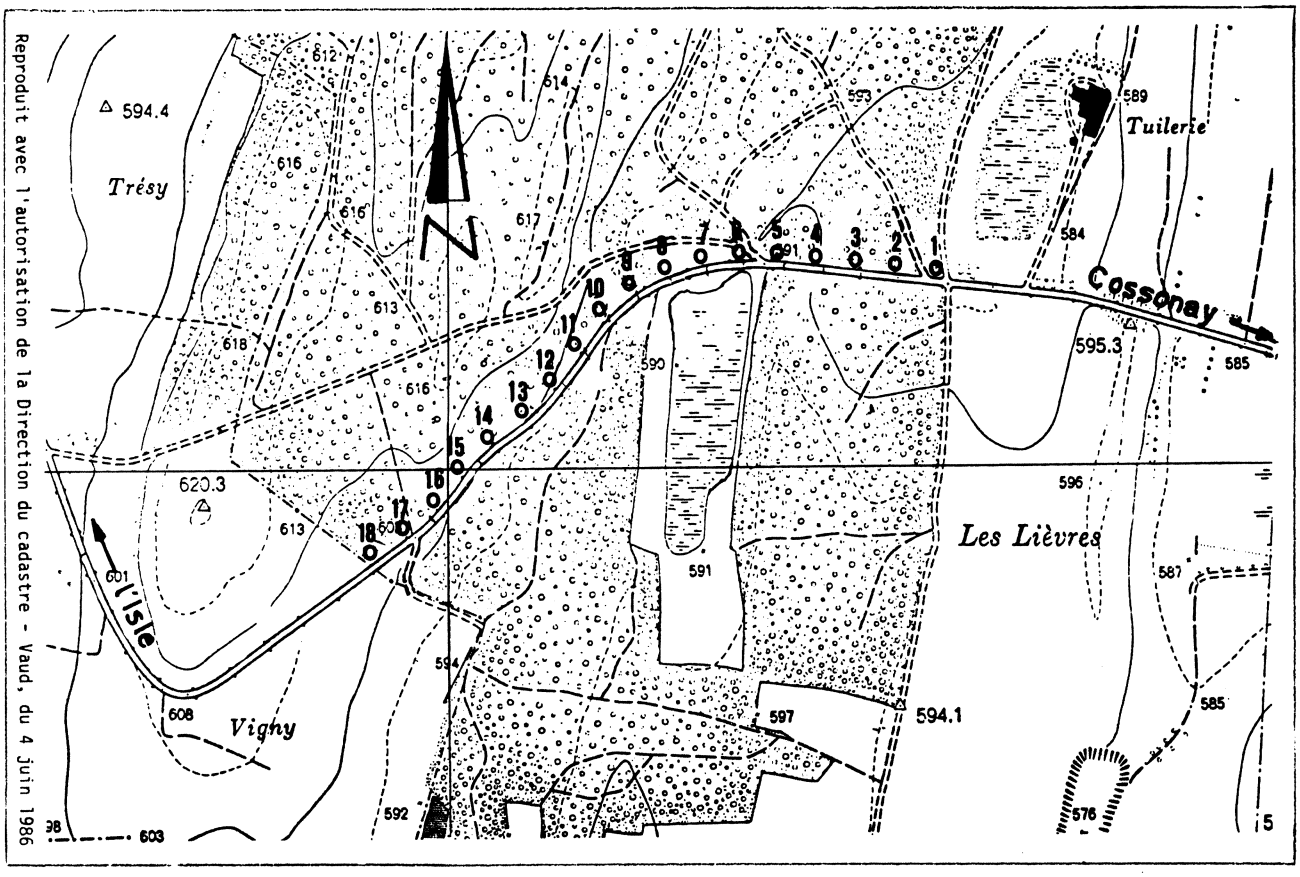


Figure 4. Etang du Sépey, situation des pièges selon le tableau 1

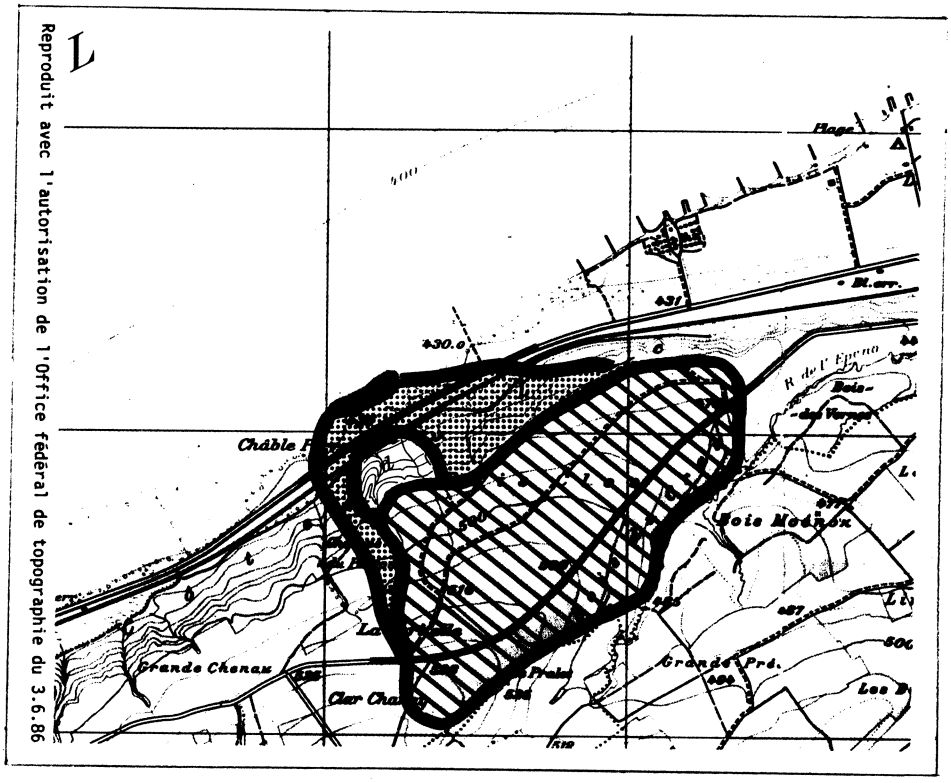
12. Cartes des données biologiques

Les différents éléments des milieux vitaux cités sous chiffre 10a sont reportés dans des cartes au 1:5000 jusqu'à 1:25000 sur la base des données obtenues par les observations (fig. 5).

Ces cartes permettent aussi de vérifier si la route considérée est la seule qui menace les populations de batraciens.

13. Plan des tronçons de route dangereux

Les données réunies selon chiffre 10 sont reportées sur des plans de situation (fig. 6) des tronçons de route dangereux.



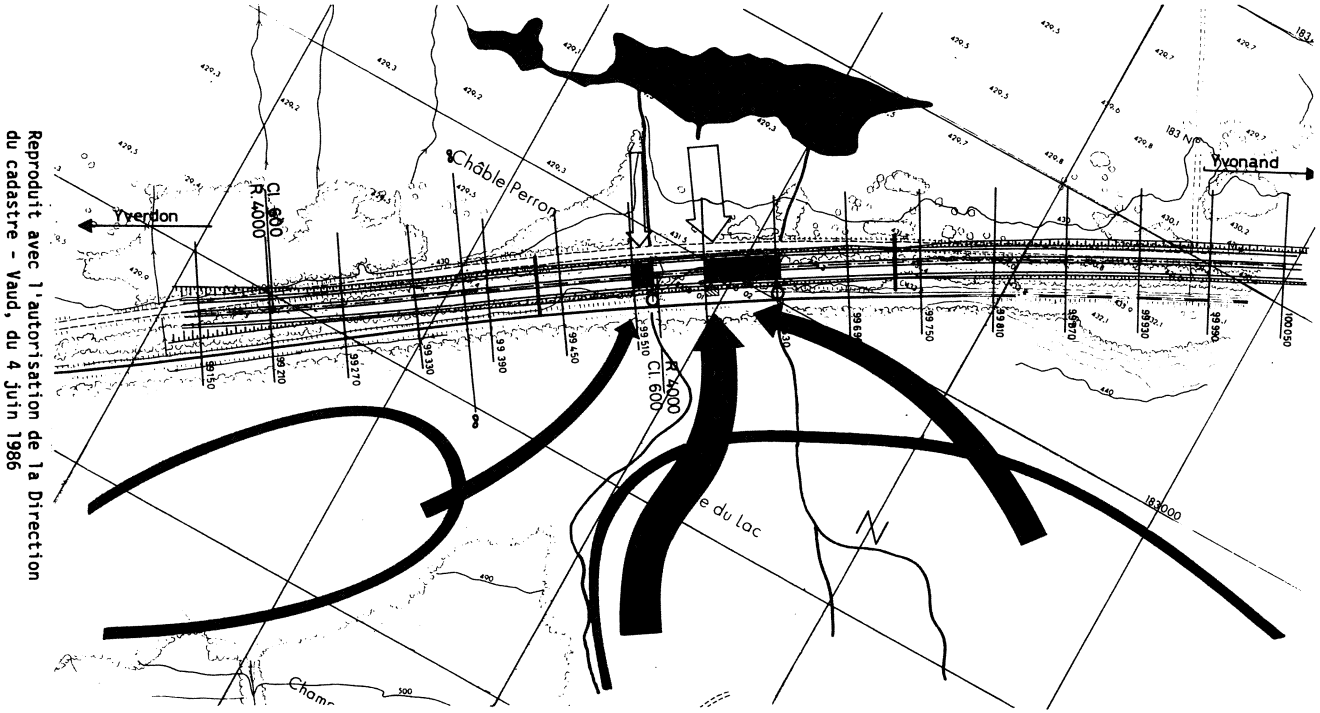
Territoire de chasse et sites d'hibernation

Zone de migration

Lieu de reproduction

Tronçons de route dangereux

Figure 5. Carte du biotope



Reproduit avec l'autorisation de la Direction du cadastre - Vaud, du 4 juin 1986

Lieu de reproduction

Limite des territoires de chasse

Aller
Mouvements des batraciens
Retour

Point bas du terrain

Secteurs de route les plus fréquentés

Limites extrêmes des couloirs de migration

Espèces animales présentes

Batraciens
Crapaud commun
Grenouille rousse
Grenouille agile
Grenouille verte
Grenouille rieuse
Alyte
Triton alpestre
Triton palmé
Triton lobé

Prédateurs
Putois
Sanglier
Renard
Héron cendré
Couleuvre à collier

Nature du sol

30-40 cm de couche meuble sur de la molasse

ECONAT et DGC-EPFL

VAUD - RC 402c
Protection des batraciens
TRONÇONS DE ROUTE DANGEREUX

Echelle: —

Date: juin 86

Figure 6. Plan de tronçons de route dangereux

Ces plans servent à l'étude des possibilités de protection des batraciens dans les zones concernées et à l'établissement de projets de mesures de protection selon chiffres 8 et 9.

14. Etablissement d'un projet de mesures de protection

Le type de mesure de protection à prendre doit être adapté :

- aux populations de batraciens à protéger,
- au terrain des abords de la route,
- aux caractéristiques locales de chaque emplacement prévu pour une installation,
- au trafic sur la route considérée.

Si les conditions locales ne permettent pas la mise en place d'une installation-type comme celles décrites dans les normes, il est possible d'adapter les solutions proposées, d'en combiner deux ou plusieurs ou de réduire l'installation envisagée. Dans ce dernier cas, il est essentiel d'assurer d'abord le maximum de sécurité aux voies de migration des adultes en direction des frayères.

Certaines pertes peuvent être admises lors de la migration retour des adultes et des jeunes vers les territoires de chasse, si la reproduction est suffisante. Il suffit en effet que le nombre d'animaux atteignant les terrains de chasse (à savoir le nombre d'animaux quittant les lieux de reproduction diminué du nombre d'animaux tués en cours de route) soit tel qu'il permette un accroissement de la population considérée. Au pire, il doit permettre le maintien du nombre d'adultes pouvant retourner sur les lieux de ponte pour assurer la reproduction nécessaire le moment voulu.

15. Contrôle des mesures de protection

Toute zone protégée par des installations doit être observée pendant plusieurs années (5 à 6 ans) après la mise en place de ces installations et l'ouverture de la route au trafic. Les batraciens écrasés sur la route et l'activité des prédateurs le long des installations collectrices et dans les passages sous-route sont à noter sur des plans de contrôle. Ces observations permettent de juger de l'efficacité des mesures prises et de corriger, si nécessaire, les installations mises en place.

Projet de norme

PROTECTION DES BATRACIENS

Installations de protection le long des routes

1. Objet

Cette norme contient des directives pour la construction, l'aménagement et l'entretien d'installations de protection des batraciens le long des routes.

2. But

Les installations de protection des batraciens le long des routes ont pour but d'empêcher l'accès des chaussées aux batraciens, de les rassembler et de les obliger à emprunter des passages protégés leur permettant de franchir sans danger les routes croisant leurs voies de migration.

Ces installations doivent permettre de maintenir et si possible d'accroître les populations de batraciens menacées par le trafic automobile.

3. Description des installations de protection

Les installations de protection des batraciens le long des routes comprennent des collecteurs et des passages sous-route. Les collecteurs servent à rassembler les animaux et à les amener vers les entrées des passages sous-route qui leur permettent de franchir la route sans danger par en-dessous.

Les batraciens n'utilisent des passages fermés (tuyaux, etc...) pour se déplacer que s'ils y sont obligés. Les entrées des passages sous-route doivent de ce fait être conçues de telle façon que les animaux de puissent pas regagner les collecteurs et qu'ils soient obligés d'emprunter les passages sous-route déni-

vellés prévus à leur intention. Ceci rend impossible l'utilisation des passages sous-route dans les deux sens et nécessite la mise en place de deux installations identiques de chaque côté de la route. L'une sera utilisée lors de la migration vers les frayères et l'autre lors de la migration de retour vers les territoires de chasse.

4. Exigences

Les installations de protection des batraciens le long des routes doivent répondre aux exigences suivantes :

a) les collecteurs doivent constituer pour les animaux un **obstacle infranchissable** dans le sens de leur migration;

b) les collecteurs doivent **canaliser les animaux** vers les passages sous-route sans qu'ils puissent repartir en arrière;

c) la longueur des collecteurs doit être telle qu'un nombre suffisant d'animaux adultes soit intercepté, pour assurer **le maintien et le développement** de la population concernée;

d) les entrées des passages sous-route doivent se trouver au fond de sacs dont les animaux ne peuvent sortir qu'en empruntant les passages correspondants;

e) de l'eau ne doit en aucun cas stagner dans les installations, car elle peut y provoquer la ponte et parfois la noyade et empêcher les déplacements des jeunes;

f) les collecteurs et les passages sous-route peuvent être utilisés pour l'évacuation des eaux de surface là où la topographie le permet et à condition que ces eaux ne stagnent nulle part.

Les flèches dans les dessins de la présente norme indiquent les pentes pouvant être données aux éléments correspondants pour assurer l'écoulement de l'eau.

5. Inconvénients

Les installations de protection des batraciens de long des

routes peuvent gêner l'entretien des routes et l'exploitation des terrains adjacents.

Les collecteurs peuvent présenter un certain danger pour les piétons ou les cyclistes longeant les chaussées ou pour les voitures qui quitteraient intempestivement celles-ci.

Les rassemblements de batraciens dans les collecteurs peuvent attirer des prédateurs. Cette prédation est en général négligeable.

Les collecteurs exposés au soleil peuvent présenter des dangers d'insolation et de dessication pour les batraciens qui y sont piégés. Ce danger est particulièrement important pour les jeunes.

Les batraciens sont réticents à l'utilisation d'éléments en béton neufs. Voir sous chiffre 8 ci-dessous les mesures à prendre à ce sujet.

6. Avantages

Les passages sous-routes sont utilisés par de nombreux animaux autres que les batraciens. Ils sont efficaces en particulier pour les reptiles, tous les micromammifères, les mustélidés, le renard, le hérisson et les insectes.

7. Collecteurs

Les batraciens longent sans difficulté des obstacles formant un angle compris entre 0° et 60° avec la direction de leur déplacement. Ils font par contre demi-tour et renoncent à se reproduire si l'angle en question est supérieur à 60°.

Caractéristiques des obstacles constituant les collecteurs :

- **Angle d'approche compris entre 0° et 60°**

  Paroi verticale de 40 cm de haut, de préférence en béton, dalle ou élément en équerre (fig. 1)

  Il faut maintenir une bande de terrain libre de végétation devant l'obstacle quand celui-ci est constitué par une dalle verticale simple ou un élément en équerre dont la

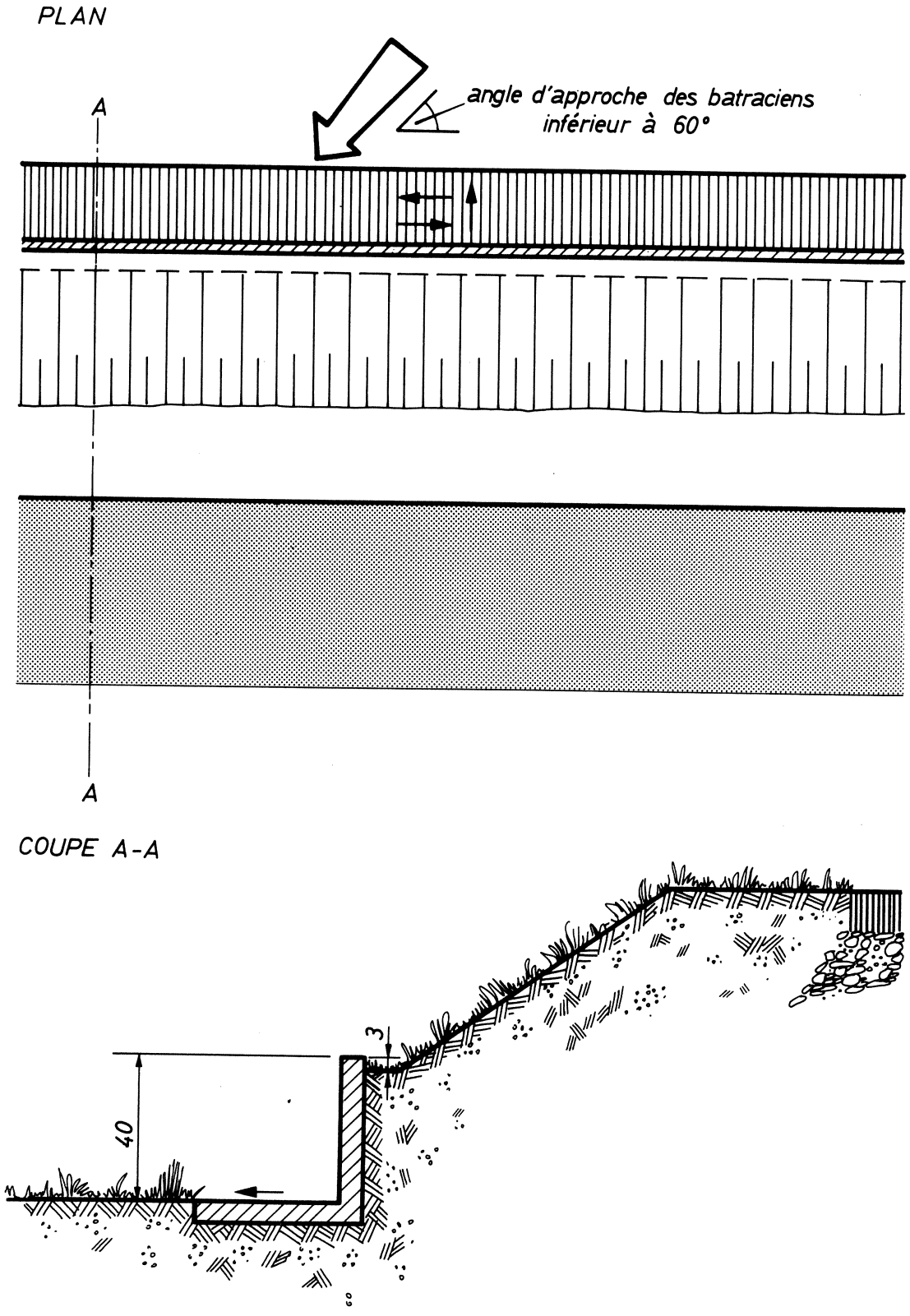


Figure 1. Obstacle pour angle d'approche des batraciens compris entre 0° et 60°

partie horizontale est enfouie dans le sol du côté de la route. Cette bande de terrain doit être compactée pour limiter la formation de trous de micromammifères.

- **Angle d'approche supérieur à 60°**

  Canal de section carré de 40 x 40 cm de préférence en béton, enterré au ras du sol (fig. 2).

  Des échappatoires d'un mètre de large avec entonnoir de sortie doivent permettre à des animaux tombés par mégarde dans un collecteur de pouvoir s'en échapper. Il s'agit en particulier de micromammifères, de hérissons, etc... ainsi que de certains batraciens migrant dans le sens correspondant et qui ont pu tomber dans le collecteur, par exemple à ses extrémités. Ces échappatoires, distants d'environ 10 m, ne doivent pas être situés près de l'entrée d'un passage sous-route, ni aux extrémités des collecteurs.

Les dimensions mentionnées ci-dessus sont les dimensions minimum nécessaires pour assurer l'efficacité des collecteurs.

Les obstacles peuvent être créés avec n'importe quels matériaux permettant de respecter les exigences citées au chiffre 4 ci-dessus. L'utilisation d'éléments préfabriqués en béton est recommandé, car ils ont l'avantage, par leur poids, d'assurer une grande stabilité à l'installation, d'être durables et d'avoir une structure de suface interdisant aux animaux de grimper le long de leurs parois verticales.

8. Passages sous-routes

Les collecteurs doivent être raccordés à des passages sous-route permettant aux animaux de traverser l'emprise de la chaussée sans danger.

Les passages sous-route comprennent :

- des ouvrages spécialement construits pour les batraciens et désignés par la suite par passage sous-route,
- des passages inférieurs pour piétons, trafic agricole ou forestier,
- des voûtages de ruisseau,
- des coulisses hydrauliques,
- tout autre ouvrage accessible et peu fréquenté permettant de franchir la chaussée à l'abri du trafic.

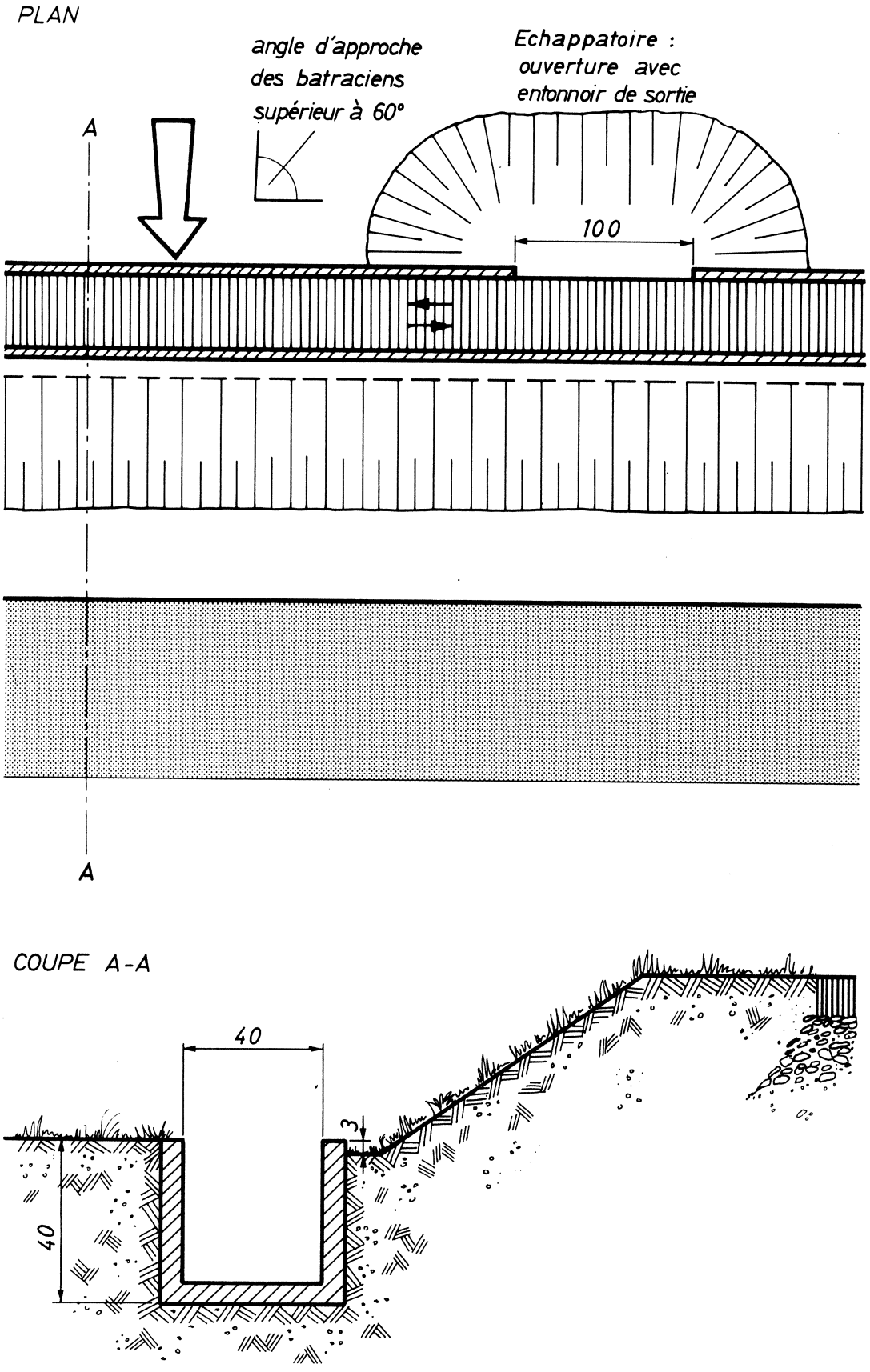


Figure 2. Obstacle pour angle d'approche des batraciens supérieur à 60 °

Le raccord des collecteurs aux ouvrages autres que les passages sous-route spécifiques et l'entrée dans ces ouvrages sont souvent difficiles à réaliser et doivent être étudiés de cas en cas.

Les passages sous-route proprement dits comprennent :

- une entrée,
- un conduit sous la chaussée,
- une sortie.

L'entrée doit être dans l'obscurité alors qu'un maximum de lumière doit être visible à la sortie afn d'assurer un passage rapide des batraciens dans le conduit.

Caractéristiques des éléments des passages sous-route :

- **Sac d'entrée** (fig. 3)

  Fosse : tuyau vertical Ø 40 cm, de profondeur variable, avec plan incliné au fond pour diriger les animaux vers le conduit passant sous la chaussée;

  Couvercle : d'environ 1,50 m de long couvrant la fosse et une partie du collecteur, avec deux bavettes aux ectrémités pour assurer un maximum d'obscurité dans le sac d'entrée.

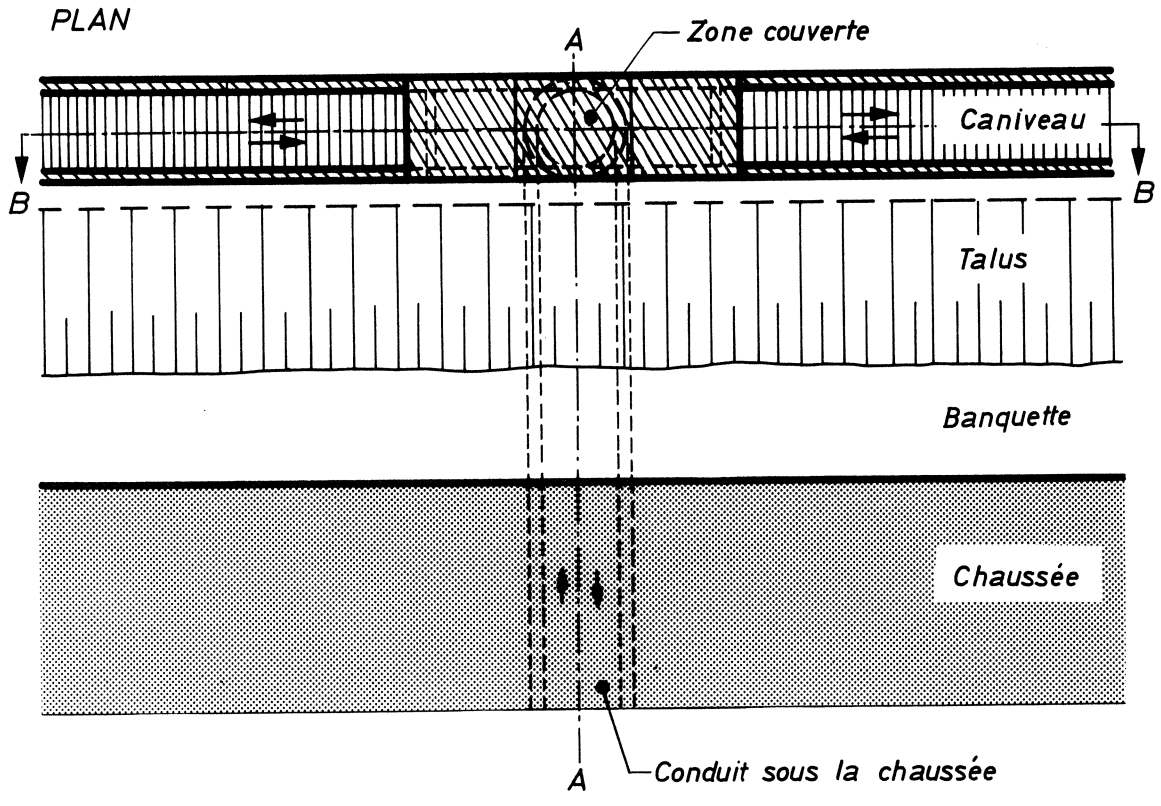


Figure 3 (1ère partie).

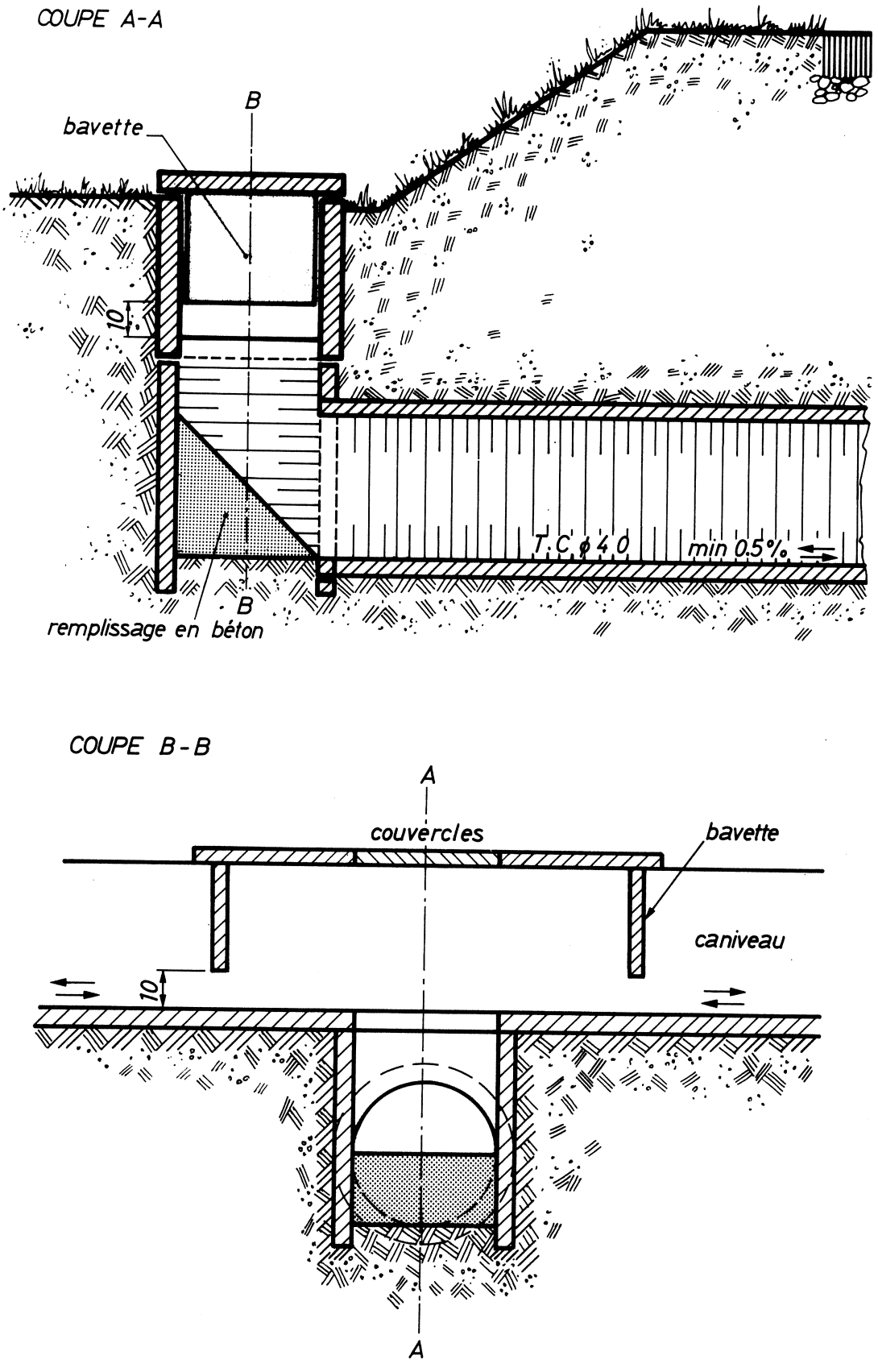


Figure 3 (2ème partie). Sac d'entrée d'un passage sous-route et conduit sous la chaussée

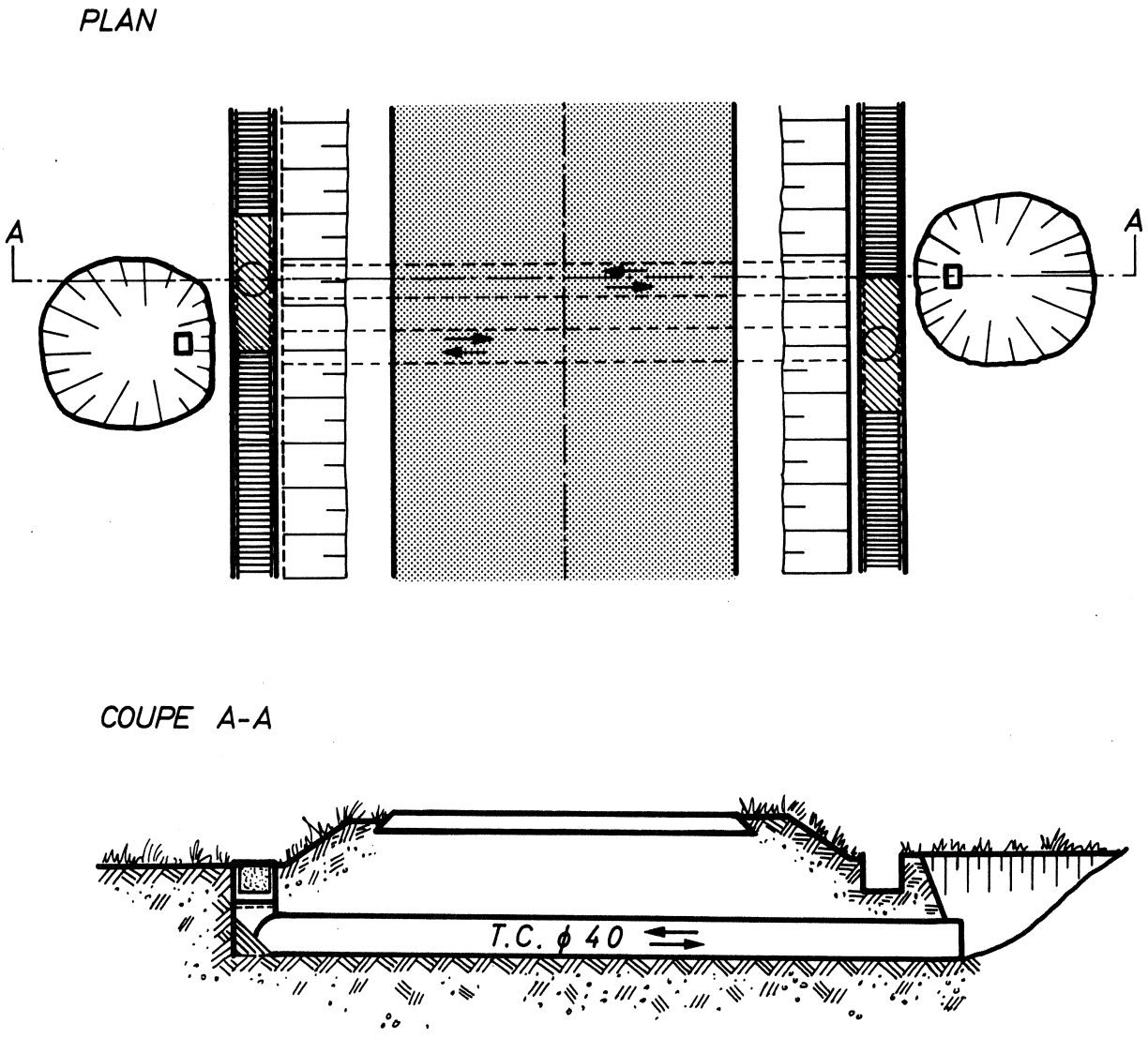


Figure 4. Passage sous-route double : route à niveau

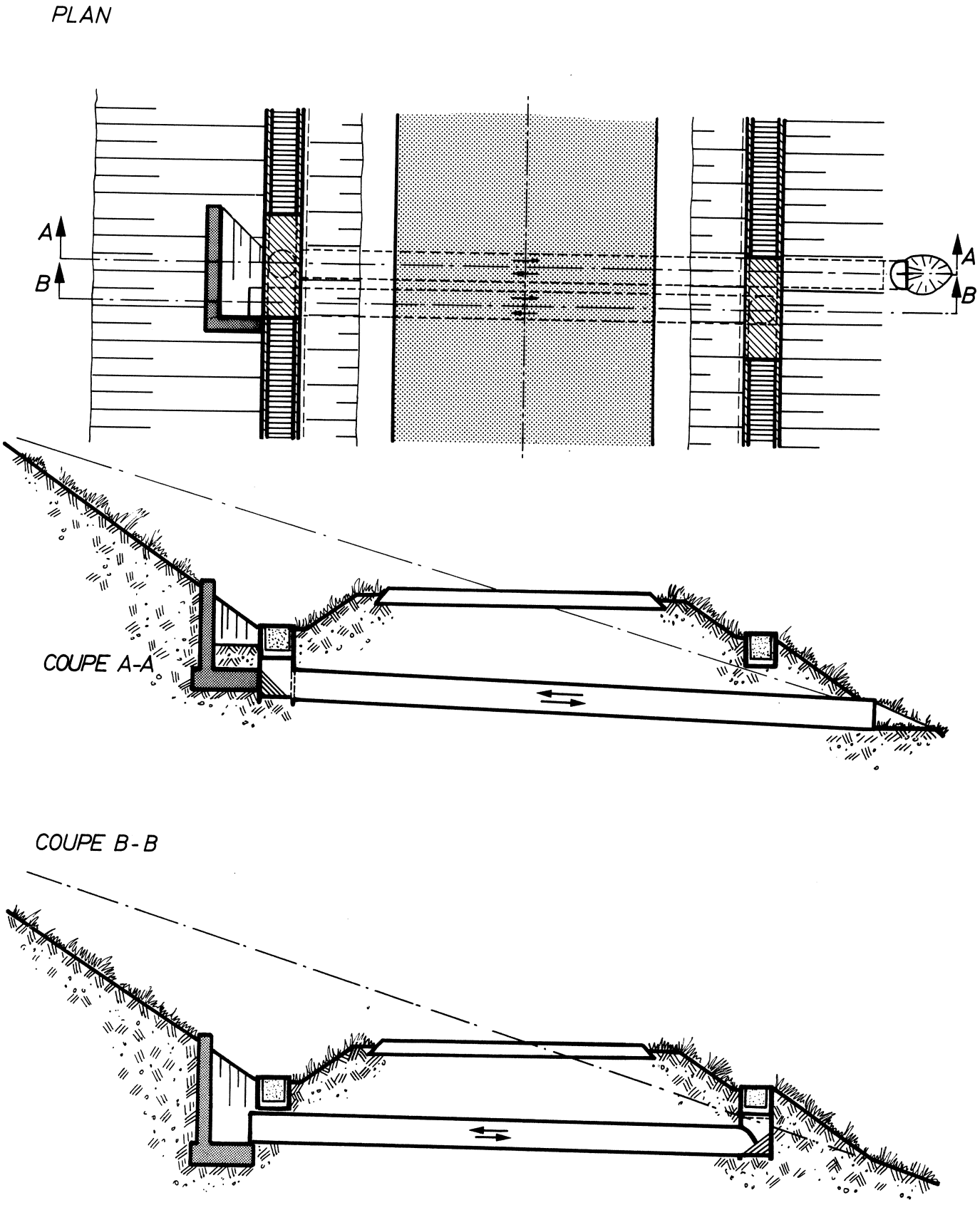
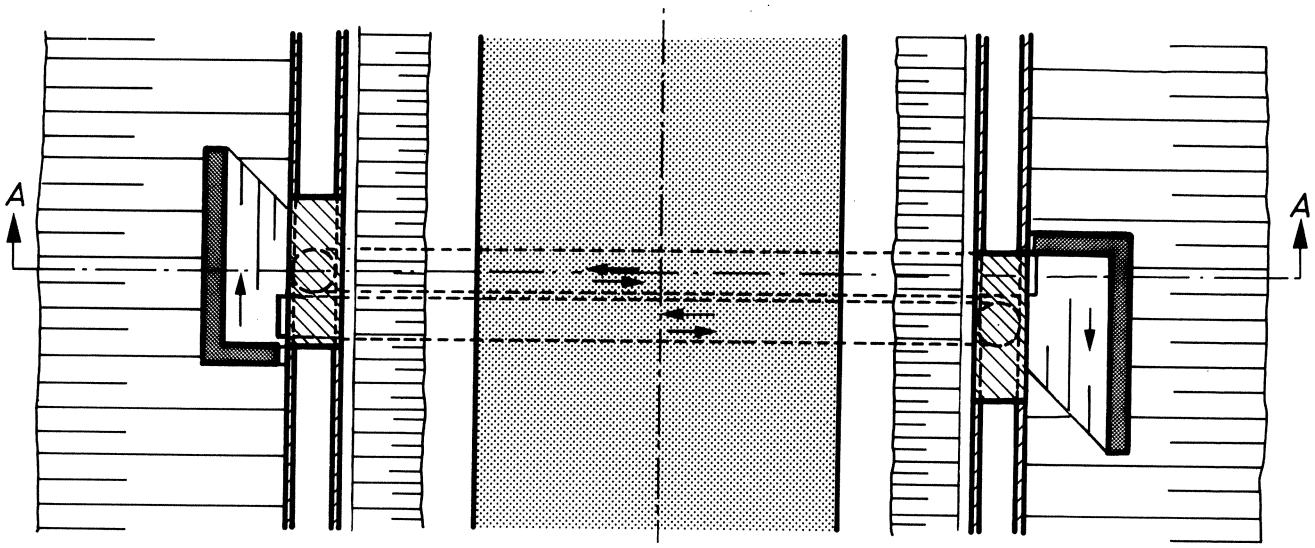


Figure 5. Passage sous-route : route à flanc de coteau

PLAN



COUPE A-A

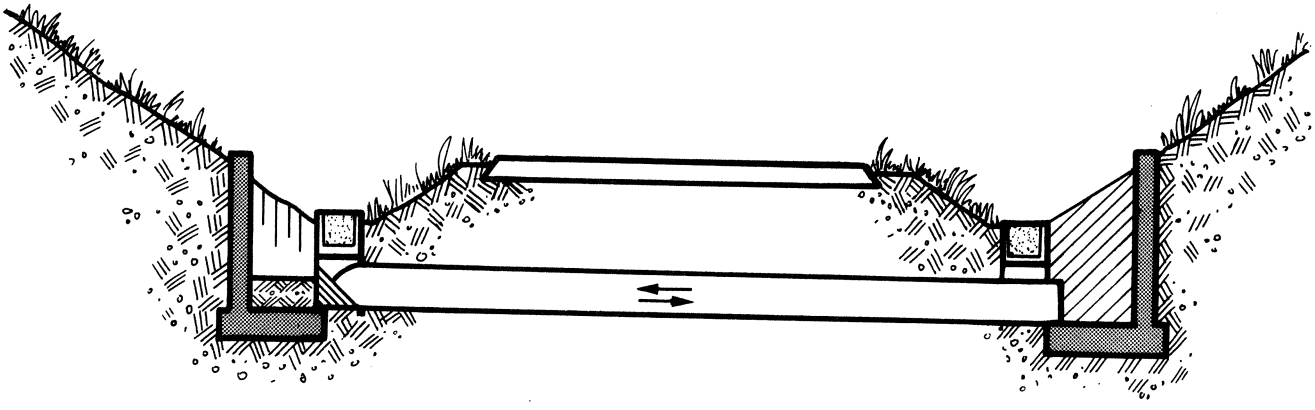


Figure 6. Passage sous-route : route en déblai

- **Conduite sous la chaussée** (fig. 3, 4, 5 et 6)

  Tuyaux de Ø 40 cm au minimum posés avec une pente minimum permettant l'écoulement de l'eau. Des tuyaux perforés seront mis en place avec les trous en bas aux points bas des conduits pour permettre l'infiltration de l'eau dans le sol là où l'évacuation de celle-ci n'est pas possible en surface.

Le comportement des batraciens observés dans des conduits de 30 à 40 cm de long permet de penser que ces animaux peuvent parcourir sans difficultés notoires des distances encore plus importantes.

Vu la réticence des batraciens à l'égard de surfaces en béton neuves, l'intérieur des tuyaux doit être débarrassé de sa poussière de ciment et enduit de boue argileuse. Les tuyaux en d'autres matières ne nécessitent pas cette précaution.

- **Sortie**

  La sortie des passages sous-route doit être à ciel ouvert dès que le terrain le permet. La configuration de celui-ci (par ex. talus en déblai) peut nécessiter dans certains cas des couloirs de sortie parallèle à la chaussée ou la construction d'un petit ouvrage de sortie (fig. 5 et 6).

  La sortie doit si possible être au niveau du sol ou au fond d'un entonnoir en terre battue avec des talus ayant des pentes d'au maximum 1:2.

  La sortie doit être visible depuis l'entrée du conduit. Il faut à cet effet éviter de couder le conduit avant sa sortie à l'air libre. Ceci est important en particulier pour les conduits de grande longueur.

Les **passages inférieurs à piétons** sont utilisés par les batraciens. Toutefois, les nouveaux passages ne sont pas adoptés automatiquement par les animaux. Un obstacle provisoire devra être mis en place pendant 5 ou 6 ans de chaque côté de la route pendant les périodes de migration pour guider les animaux adultes et les jeunes vers les passages que l'on souhaite leur voir utiliser.

Les batraciens adultes utilisent facilement des cours d'eau pour leur déplacement. Ils peuvent ainsi utiliser des **ouvrages hydrauliques** suffisamment grands passant sous les chaussées (voûtages de ruisseaux, coulisses, etc...). Ils ne le font toutefois que dans le sens du courant. Les jeunes pour leur part n'empruntent jamais un cours d'eau pour se déplacer. L'aménagement d'un passage sous-route dans le sens frayère-territoire de chasse est de ce fait toujours nécessaire (fig. 7).

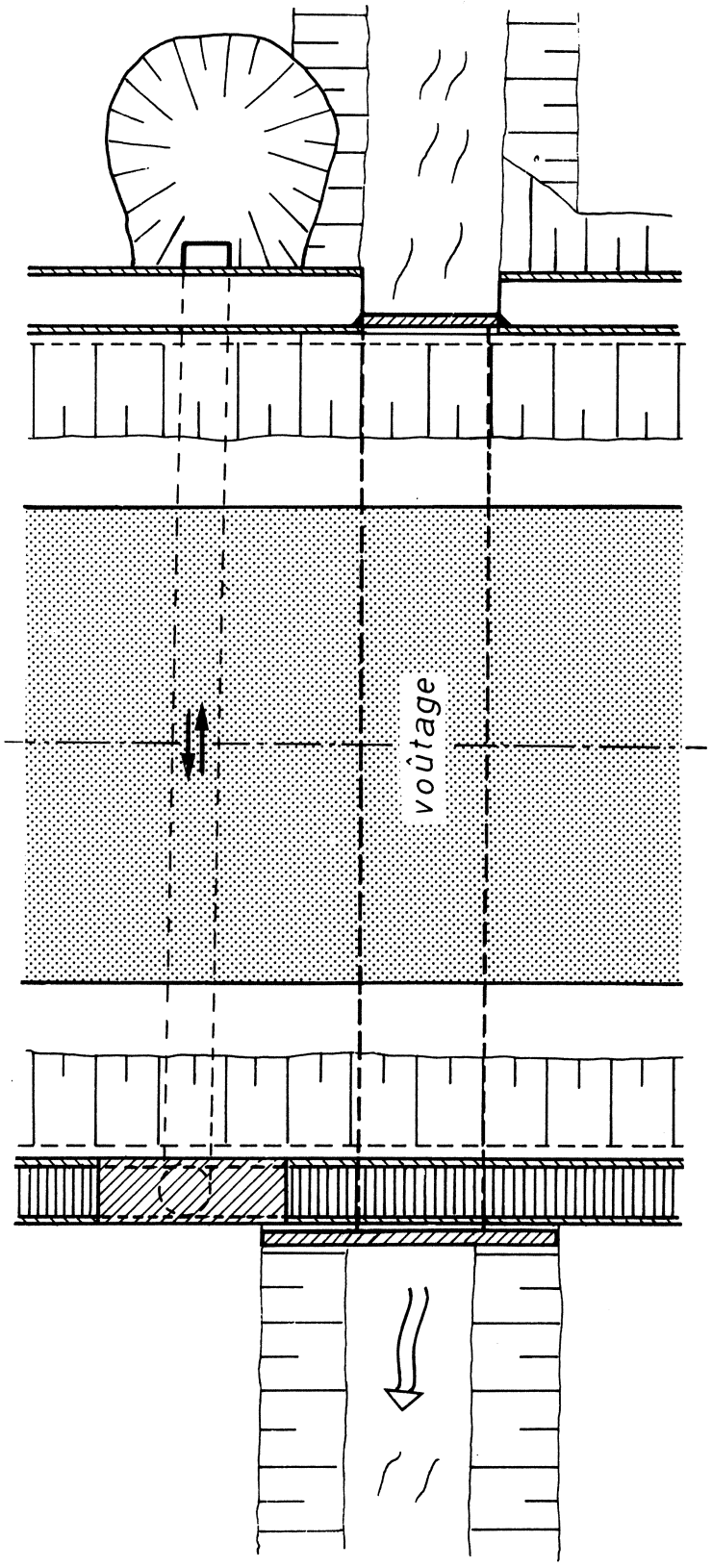


Figure 7. Passage sous-route combiné avec un voûtage de ruisseau

9. Nombre et emplacements des passages sous-route à prévoir

Le nombre des passages sous-route à prévoir dépend d'une part de la capacité de déplacement latéral des batraciens et d'autre part de leur concentration dans les couloirs de migration. Ces passages doivent être placés dans les secteurs les plus fréquentés par les animaux afin de limiter le plus possible leurs déplacements latéraux (fig. 8).

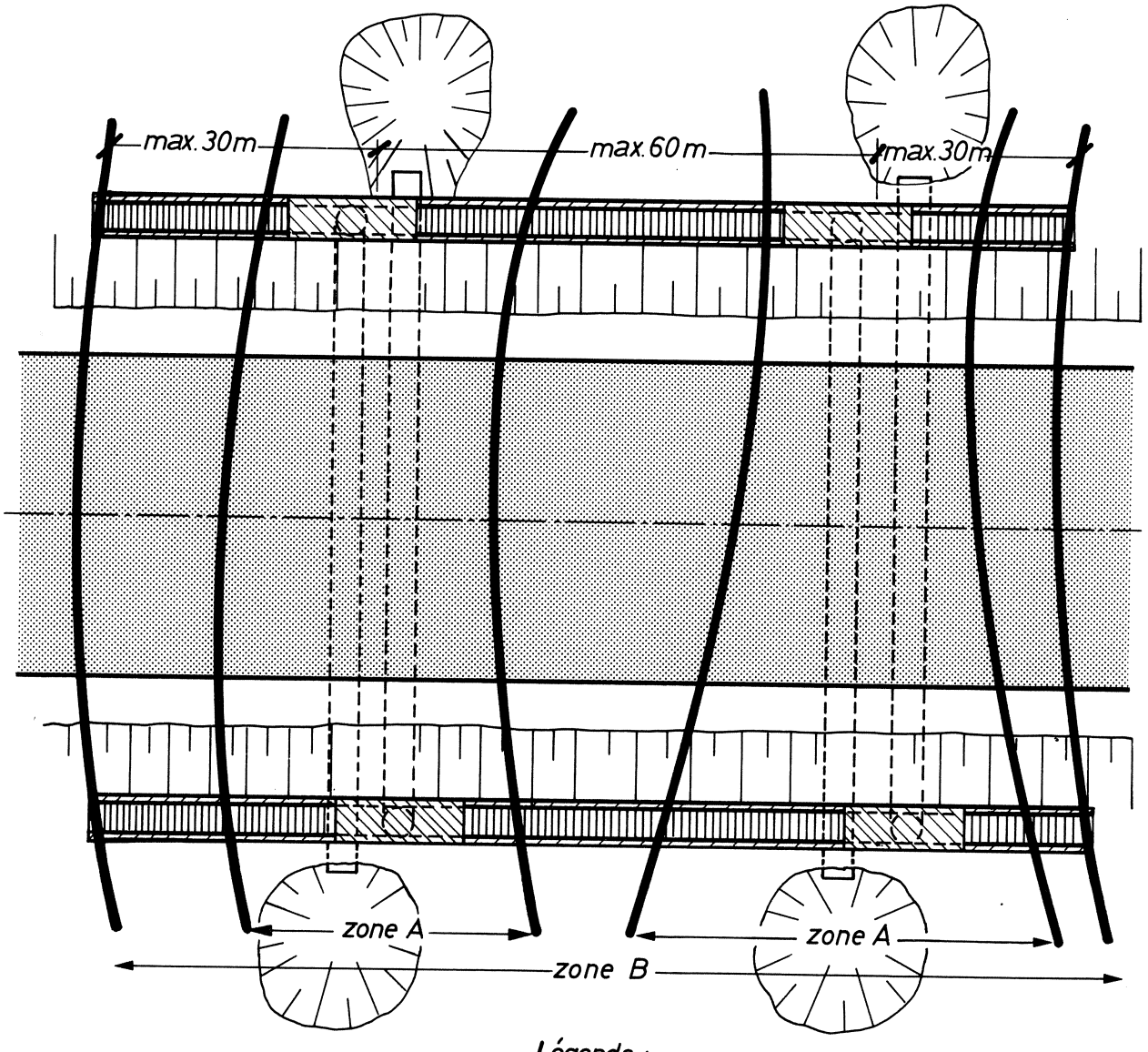


Figure 8. Installation de protection avec deux passages sous-route

La zone d'efficacité d'un passage sous-route s'étend sur environ 30 m de part et d'autre de l'entrée du conduit sous la chaussée.

Les emplacements des passages sous-route sont à fixer sur la base des données collectées selon la norme SNV 640 697.

10. Aménagement des abords des installations de protection

Le meilleur aménagement des abords des collecteurs consiste en un **couvert herbeux.**

Un **ombrage** fourni par quelques arbustes feuillus est nécessaire au-dessus du collecteur situé du côté de la frayère pour éviter la dessication des jeunes métamorphosés. A défaut d'arbustes pour créer cet ombrage, un lit de feuilles mortes laissé au fond du collecteur permettra aux jeunes de se mettre à l'abri du soleil.

Les entrées des passages sous-route doivent également être à l'ombre pour éviter qu'un effet de cheminée ne provoque un courant d'air dans les conduites sous la chaussée et cause ainsi la mort des animaux par dessication.

11. Aménagements à éviter le long des routes

Il faut éviter la création le long des routes de **plans d'eau** pouvant attirer les batraciens tels que, par exemple, bassins divers propices à ces animaux, étangs de remplacement ou étangs d'agrément sur des places de repos le long des autoroutes.

Si leur création au voisinage de la route est inévitable dans la zone de danger ce celle-ci, l'accès à la chaussée sera interdit aux animaux au moyen d'un obstacle infranchissable ne piégeant pas les animaux (exemple : fig. 1).

12. Entretien

Les installations proposées demandent peu d'entretien. Il faut principalement éliminer la végétation et les débris qui les ensevelissent.

Un minimum d'ombrage fourni par la végétation ou par des débris est cependant nécessaire aux animaux dans les collecteurs. En particulier les jeunes métamorphosés migrant durant l'été doivent trouver des abris dans ces collecteurs pendant les heures chaudes de la journée, faute de quoi ils risqueraient de se dessécher au soleil.

Un contrôle et le dégagement des installations de protection, compte tenu de ce qui vient d'être dit précédemment, doit avoir lieu une fois par an avant le début de la migration des adultes vers les frayères.

Ces migrations peuvent déjà débuter en automne si les conditions météorologiques sont favorables. Le début de ces migrations dépend de facteurs constants (altitude, exposition, etc...) et de facteurs atmosphériques variant d'une année à l'autre. Il est de ce fait recommandé de procéder aux travaux d'entretien nécessaires à la fin de l'automne ou au début de l'hiver et en tout cas avant la chute des premières neiges.

Tout dommage causé à l'un des éléments des installations de protection doit être réparé le plus rapidement possible.

Département fédérale des transports, des communications et de l'énergie

COMMISSION
DES RECHERCHES EN MATIERE DE CONSTRUCTION DES ROUTES

MANDAT DE RECHERCHE No 26/74

PROTECTION DES BATRACIENS LE LONG DES ROUTES

RAPPORT FINAL

Les batraciens et le trafic routier

Guy BERTHOUD
Dr. ès sciences
ECONAT, Bureau d'études
en écologie appliquée
Av. de l'Hippodrome 19
1400 YVERDON

Sylve MÜLLER
Ing. dipl. EPFZ

Case postale 7
1015 LAUSANNE 15

Juin 1986