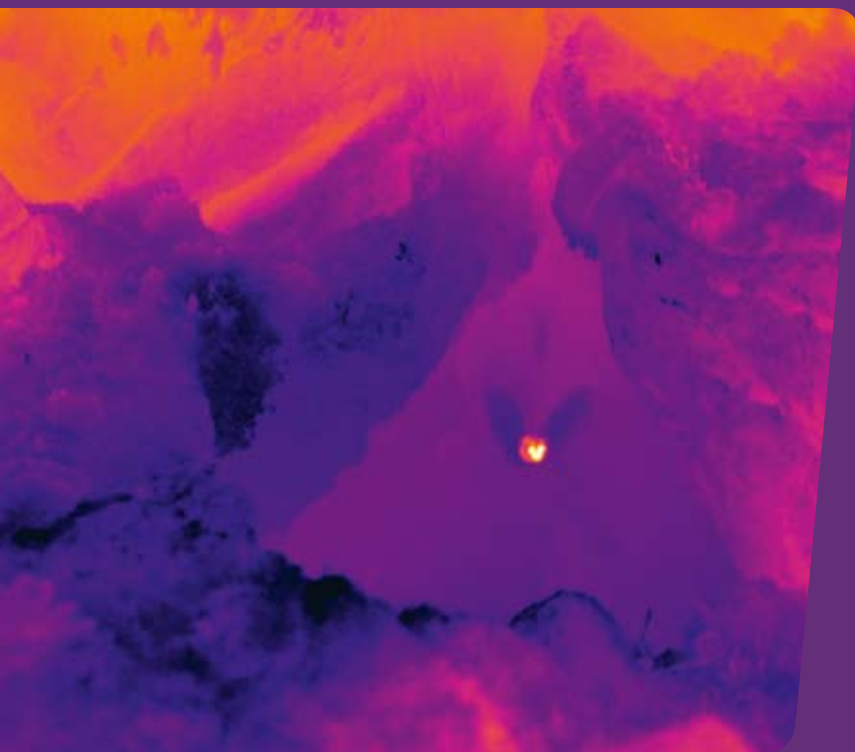


Guide technique n°6



# Techniques d'imagerie au service de la conservation



Conservation et gestion intégrée  
de deux espèces de chauves-souris  
Le Grand Rhinolophe et le Murin à oreilles échanquées  
en région méditerranéenne française



Programme LIFE+ CHIRO MED  
2010-2014



# Le LIFE+ CHIRO MED

est un LIFE\*+ « Nature et Biodiversité\* »  
 dédié spécialement à deux espèces  
 de chauves-souris :

**Le Grand Rhinolophe et le Murin à oreilles échancrées**



## Sommaire

À SAVOIR SUR LES CHAUVES-SOURIS.....	2
LE GRAND RHINOLOPHE.....	4
LE MURIN À OREILLES ÉCHANCRÉES.....	5
LE PROGRAMME EUROPÉEN LIFE+ CHIRO MED (2010 – 2014).....	6
<b>CHIROPTÈRES ET OBSERVATIONS NOCTURNES.....</b>	<b>7</b>
Les chauves-souris, des animaux très difficiles à observer.....	7
Précisions techniques.....	8
Quelle vitesse d'acquisition pour quelles observations ?.....	8
Le spectre de la lumière.....	8
Quelle définition de capteur.....	11
Gestion de la masse d'information enregistrée.....	13
<b>LES DIFFÉRENTES TECHNIQUES.....</b>	<b>14</b>
L'importance des repérages et la complémentarité des techniques.....	14
Précautions avant toute installation dans un gîte.....	16
Période d'installation du matériel.....	16
Nuisance sonore du matériel installé.....	16
Les câblages.....	16
Électricité.....	17
Protection du matériel.....	17
Les différents types d'outils de vision nocturne.....	18
L'amplificateur de lumière.....	18
La caméra ultrasensible.....	20
La caméra thermique.....	21
Matériel de surveillance.....	25
La caméra vidéo rapide.....	32
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>34</b>
<b>GLOSSAIRE.....</b>	<b>36</b>
<b>RÉFÉRENCES INTERNET UTILES.....</b>	<b>40</b>

## Les chauves-souris, mammifères témoins de l'état de la biodiversité

Par leur position en bout de chaîne alimentaire, les Chiroptères représentent de bons indicateurs de l'état écologique des milieux naturels. Ils sont en effet directement impactés par l'altération des écosystèmes\* dans lesquels ils vivent. Ce sont des espèces\* porte-drapeau dont la conservation fait intervenir de nombreux sujets où l'homme a toute sa place.

Au cours du XX<sup>ème</sup> siècle, les effectifs des 34 espèces recensées sur le territoire de France métropolitaine ont fortement décliné. Leur régression rapide suscite, depuis quelques décennies, un intérêt chez les naturalistes et les scientifiques qui cherchent à mieux comprendre les contraintes qui pèsent sur elles. L'amélioration des connaissances sur ces contraintes ainsi que sur la biologie et l'écologie des chauves-souris a permis de proposer des moyens pour les protéger. Ces moyens sont mis en œuvre par un accompagnement au cas par cas ou dans le cadre de programmes plus larges (les Plans Régionaux d'Actions en faveur des Chiroptères); et donnent, depuis quelques années, des résultats positifs encourageants et confortant la poursuite des recherches scientifiques et techniques

## Une forte concentration d'espèces dans le sud de la France

La France métropolitaine héberge 34 des 41 espèces de chauves-souris présentes en Europe, dont un tiers des espèces reste menacé ou quasi menacé<sup>1</sup> du fait de l'altération de leur environnement. Le pourtour méditerranéen, la vallée du Rhône et les Alpes présentent la plus grande diversité. À titre d'exemple, les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon abritent 30 espèces. Mais ces zones géographiques ont aussi la plus forte proportion d'espèces menacées d'extinction au niveau national. La responsabilité de ces régions en termes de conservation est donc primordiale.

## Les services rendus\* à l'homme, voire insoupçonnés, des chauves-souris

- **Un enjeu économique et sanitaire** : Toutes les espèces de chauves-souris européennes sont insectivores. Elles dévorent durant les nuits des tonnes d'insectes dont certains ravageurs de cultures<sup>2</sup>. Elles jouent donc un rôle de régulateur naturel et gratuit des populations d'insectes et contribuent ainsi à réduire l'achat et l'utilisation de pesticides. Une étude scientifique a ainsi pu estimer l'économie pour l'agriculture américaine pouvant atteindre 53 milliards de dollars<sup>3</sup>.

- **Un engrais naturel** : Le guano des chauves-souris est un engrais naturel puissant en raison de ses fortes teneurs en éléments nutritifs.

- **Des recherches scientifiques récentes vers des enjeux médicaux futurs** : La morphologie et la physiologie particulières des chauves-souris sont étudiées dans de nombreux champs de recherche médicale pour de nouvelles technologies d'exploration du corps par imagerie et l'apport de solutions sur les épidémies virales et les cancers<sup>4</sup>.



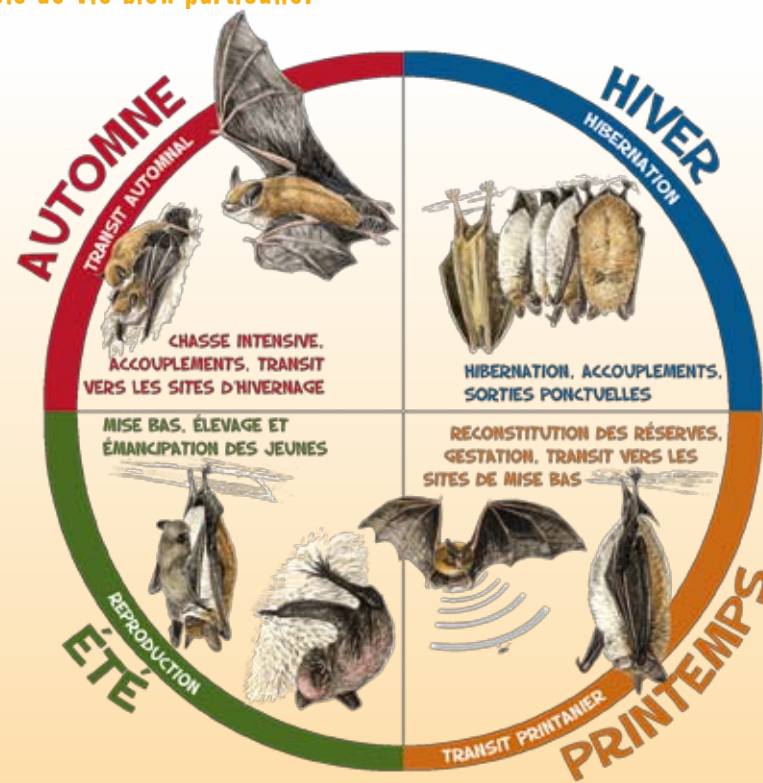
## Toutes les chauves-souris sont protégées par la loi à travers :

- **Le droit international** par la convention de Bonn et la convention de Berne signées en 1979 et ratifiées par la France en 1990. Et par l'accord « EUROBATS\* », né en 1991 et ratifié par 31 pays, qui engage les états signataires à mettre en place une protection concertée des populations de chauves-souris du continent européen.

- **Le droit de l'Union Européenne** avec l'annexe IV de la Directive « Habitat-Faune-Flore »\* (92/43/CEE) du 21 mai 1992 qui indique que toutes les espèces de chauves-souris nécessitent une protection stricte. Douze espèces présentes en France sont inscrites à l'annexe II de cette directive qui liste les espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation (ZSC). Ainsi, les populations de Chiroptères, et notamment leurs gîtes et leurs habitats\*, ont été pris en compte dans la désignation des sites du réseau européen Natura 2000.

- **Le droit national français** avec l'article L.411-1 du Code de l'environnement et par l'arrêté ministériel du 23 avril 2007 (JORF du 10/05/2007) qui fixe la liste des mammifères terrestres protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection. Cette nouvelle législation protège désormais toutes les espèces de Chiroptères décrites actuellement sur le territoire métropolitain de façon nominative ainsi que la protection des sites de reproduction et des aires de repos des espèces nécessaires au bon accomplissement de leurs cycles biologiques.

## Un cycle de vie bien particulier



<sup>1</sup> Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) et le Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN). 2009.  
<sup>2</sup> JAY M., BOREAU DE RONCÉ C., RICARD J.-M., GARCIN A., MANDRIN J.-F., LAVIGNE C., BOUVIER J.-C., TUPINIER Y. & S. PUECHMAILLE. 2012. Biodiversité fonctionnelle en verger de pommier : Les chauves-souris consomment-elles des ravageurs ? *Infos CTIFL*, 286 : 28-34.  
<sup>3</sup> BOYLES J. G., CRYAN P. M., MCCracken G. F. & T. H. KUNZ. 2011. Economic importance of bats in agriculture, *Science*, vol. 332 (6025) : 41-42.  
<sup>4</sup> ZHANG G. et al. 2013. Comparative analysis of bats genomes provides insight into the evolution of flight and immunity. *Science*, 339 (6118) : 456-460.

## LE GRAND RHINOLOPHE

Le Grand Rhinolophe (*Rhinolophus ferrumequinum*) est le plus grand des rhinolophes d'Europe. La principale caractéristique de cette espèce est la morphologie de son nez, orné d'un feuillet en forme de fer à cheval indispensable à l'écholocation.

**Reproduction :** Les femelles atteignent leur maturité sexuelle à l'âge de 2-3 ans. Leur accouplement, en automne, s'accompagne par un stockage hivernal des spermatozoïdes chez les femelles. L'ovulation s'effectue au retour des beaux jours. Puis leur gestation dure entre 6 et 8 semaines, avec des maxima de 10 semaines quand le printemps est particulièrement défavorable. De mi-juin à fin juillet, elles mettent au monde un jeune par an qui maîtrise le vol entre 19 et 30 jours et est autonome à 45 jours.

**Déplacement / Migration :** Espèce sédentaire, le Grand Rhinolophe se déplace rarement de plus de 100 km entre un gîte de reproduction\* et un gîte d'hibernation\* en passant par un ou plusieurs gîtes de transit\* (déplacement maximum connu : 320 km).

**Gîtes :** En été, les femelles s'installent en petits groupes dans des cavités chaudes (21-30°C) et souvent dans le bâti (granges, greniers, caves chaudes, toitures d'églises, blockhaus...) abandonné, entretenu ou neuf, pour mettre bas et élever leur jeune jusqu'à l'émancipation. Les mâles estivent généralement en solitaire.

En hiver, l'espèce hiberne vers octobre-novembre jusqu'à avril dans des cavités souterraines naturelles ou artificielles (galeries de mines, carrières, grottes ou grandes caves) qui présentent une obscurité totale, une température comprise entre 5°C et 12°C, une hygrométrie à saturation, une ventilation légère et une tranquillité absolue. Ces chauves-souris sont toujours pendues par les pieds (caractéristique des Rhinolophidae).

**Terrains de chasse :** Essentiellement les boisements (ripisylves, forêts de feuillus) et les pâturages entourés de haies. Les haies sont très importantes pour leurs ressources en proies d'une part et surtout comme corridors de déplacement d'autre part (cf. guide technique n°5 « Éléments de gestion conservatoire des territoires »).

**Régime alimentaire :** En général, l'espèce se nourrit de Coléoptères coprophages (hannetons et bousiers) et de Lépidoptères nocturnes, mais peut aussi consommer des Orthoptères (sauterelles, criquets), des Trichoptères, des mouches, des araignées, etc. (cf. guide technique n°5 « Éléments de gestion conservatoire des territoires »).

**Aire de répartition :** Les populations se sont fortement réduites dans le nord-ouest de l'Europe au cours du dernier siècle allant parfois jusqu'à leur disparition (Belgique, Pays-Bas, Malte)

**L'épicentre de la répartition** européenne est dans le **bassin méditerranéen**.

Source carte : IUCN (International Union for Conservation of Nature) 2008. *Rhinolophus ferrumequinum*. In : IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species.



**Ultrasons :** entre 79 et 84 kHz (Fréquence Constante)

**Longévité :** de 15 à 30 ans

**Taille :** environ 7 cm

**Envergure :** de 33 à 40 cm

**Poids :** de 15 à 34 g

**Pelage :** brun, plus ou moins teinté de roux (face dorsale) et gris-blanc à blanc-jaunâtre (face ventrale)

## LE MURIN À OREILLES ÉCHANCRÉES

Le Murin à oreilles échanquées (*Myotis emarginatus*) est de taille moyenne avec une nette échancre, presque à angle droit, sur le bord extérieur de l'oreille brune qui lui vaut son nom. Son pelage est dense d'apparence laineuse, roux sur le dos, plus clair sur le ventre (peu de contraste).

**Longévité :** jusqu'à 18 ans

**Taille :** environ 4-5 cm

**Oreilles de taille moyenne :** de 1,4 à 1,7 cm

**Envergure :** de 22 à 24,5 cm

**Poids :** de 6 à 15 g

**Tragus\* :** pointu et n'atteint pas le haut de l'échancre de l'oreille

**Ultrasons :** débute vers 140 kHz et s'achève vers 38 kHz (Fréquence Modulée Abrupte)

**Reproduction :** Les accouplements s'effectuent en automne. Les femelles stockent les spermatozoïdes jusqu'au printemps. L'ovulation s'effectue au retour des beaux jours et la mise bas d'un seul jeune par an se fait entre mi-juin et fin juillet après 50-60 jours de gestation. Le jeune est capable de voler dès l'âge de 4 semaines.

**Déplacement / Migration :** Espèce largement sédentaire. Les distances parcourues entre gîtes d'été et d'hiver sont en général inférieures à 40 km (déplacement maximum connu : 105 km).

**Gîtes :** Les gîtes de reproduction sont principalement des greniers ou des combles mais peuvent être des granges, caves, ou blockhaus comme en Camargue, tempérés (23-27°C). Les femelles s'y regroupent en essaims de 50 à 600 individus. Les mâles estivent généralement en solitaire. En hiver, l'espèce hiberne dans des grottes, carrières, mines et des caves de grande dimension avec une obscurité totale, une hygrométrie proche de la saturation, une température inférieure à 12°C et une ventilation presque nulle.

**Terrains de chasse :** Essentiellement des milieux forestiers ou boisés, feuillus ou mixtes. Mais l'espèce exploite aussi des jardins et parcs, de grands arbres isolés ou de petits îlots de végétation, des étables, des milieux pastoraux, des bocages, au-dessus des rivières et en méditerranée également au-dessus des oliveraies traditionnelles, des forêts de résineux et des vergers (cf. guide technique n°5 « Éléments de gestion conservatoire des territoires »).

**Régime alimentaire :** Très spécialisé, il est composé majoritairement d'araignées, d'opilions et de mouches, complété par des Coléoptères, Névroptères et Hémiptères. En Camargue, on rencontre une particularité locale puisqu'il est composé essentiellement d'araignées et d'Odonates, des ressources alimentaires abondantes sur le territoire (cf. guide technique n°5 « Éléments de gestion conservatoire des territoires »).

**Aire de répartition :** L'espèce montre une répartition très hétérogène sur la totalité de son aire de distribution. En France il apparaît de fortes disparités en effectifs selon la région. Le **sud de la France** compte de faibles effectifs hivernaux mais de **fortes populations estivales**.

Source carte : IUCN (International Union for Conservation of Nature) 2008. *Myotis emarginatus*. In : IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species.



T. Stoecklé



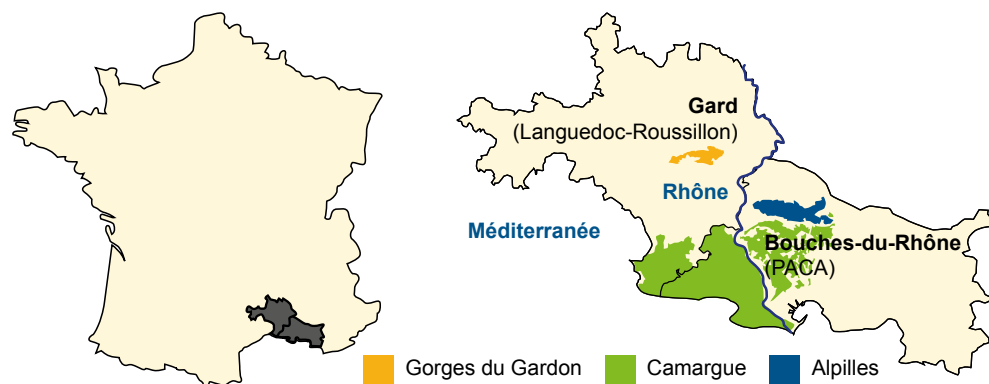
B. Morazé





Le programme LIFE+ CHIRO MED ([www.lifechiromed.fr](http://www.lifechiromed.fr)) porte sur la conservation et la gestion intégrée de deux espèces de chauves-souris, le Grand Rhinolophe et le Murin à oreilles échanquées, en région méditerranéenne française. Ce programme a pour objectif de comprendre et de préserver chacun des compartiments biologiques nécessaires au cycle annuel des populations locales des deux espèces visées. La forte anthropisation des territoires ciblés et les interactions entre ces espèces et l'Homme rend indispensable une mise en œuvre d'actions menées en concertation et au plus près des activités humaines.

Le programme porte sur trois secteurs géographiques, que sont la **Camargue**, le **Massif des Alpilles** et les **gorges du Gardon**, et sur huit sites d'intérêt communautaire, dits SIC. En effet, en région méditerranéenne française, les principales populations des deux espèces ciblées par le programme sont concentrées dans ces trois territoires. En hiver, ces espèces entrent en léthargie dans les cavités des gorges du Gardon et des Alpilles, tandis qu'en été, elles viennent se nourrir et se reproduire en Camargue.



Le programme permet, à travers 29 actions, d'unir les compétences techniques et territoriales, en vue de pallier les **cinq menaces majeures pesant sur ces deux espèces** :

- ✔ **Menace 1** : la perte et l'altération des gîtes de reproduction et d'hibernation.
- ✔ **Menace 2** : la perte et l'altération des habitats naturels utilisés comme sites d'alimentation (terrains de chasse) et corridors de déplacements.
- ✔ **Menace 3** : la diminution des ressources alimentaires liée à l'utilisation de pesticides et à la modification des pratiques agro-pastorales.
- ✔ **Menace 4** : la mortalité routière.
- ✔ **Menace 5** : la méconnaissance des chauves-souris qui engendre des destructions involontaires.

*Remédier à ces menaces pour ces deux espèces permet aussi la protection d'un grand nombre d'autres espèces et de leurs habitats. On parle alors d'espèces « parapluie ».*

### Les chauves-souris, des animaux très difficiles à observer

Certains animaux sont plus faciles à observer que d'autres. Les chauves-souris font parties des animaux très difficiles à observer et de surcroît à étudier. En effet, leurs caractéristiques biologiques compliquent la tâche du scientifique, du photographe ou du cinéaste.

La première contrainte est qu'elles vivent la nuit et s'abritent le jour dans des endroits plongés dans l'obscurité. Si certains animaux nocturnes sont peu sensibles aux projecteurs braqués sur eux pour les besoins d'une prise de vue, comme les Cervidés, les Mustélidés ou encore les rapaces nocturnes, les chauves-souris ont une telle sensibilité à la lumière que tout emploi de projecteur en « lumière visible » risque de faire échouer la prise de vue et donc l'étude. Plus grave, leur caractère lucifuge\* fait que les chauves-souris, ainsi dérangées, risquent de quitter les lieux. Les Chiroptères imposent donc une éthique et une technique sans faille sous peine de les voir abandonner leur gîte.

La seconde contrainte est leur taille qui varie entre celle d'un roitelet et celle d'une mésange. Cela impose une certaine proximité avec l'animal pour qu'il remplisse quelque peu le cadre de l'image afin que l'on puisse analyser ses comportements.

La troisième est leur vitesse de déplacement, car non contentes de voler dans l'obscurité et de mesurer la taille d'une prune, elles volent à grande vitesse, principalement dans la végétation, rendant difficile toute séquence de suivi en vol...

**En résumé, un casse-tête scientifique-cinématographique !**



Tanguy Stoecklé sur le lieu de tournage du film « Une vie de Grand Rhinolophe ».

Précisions techniques

Quelle vitesse d'acquisition pour quelles observations ?

La vitesse d'acquisition est le nombre d'images par seconde, par heure ou par jour. La norme audiovisuelle en Europe est de 25 images par seconde (25 ips ou 25 fps). C'est la base pour que les mouvements nous paraissent fluides même si 15 images par seconde suffisent pour avoir cette impression. Et c'est à 25 ips que la plupart des enregistrements vidéo seront faits en général.

Cependant, étudier le comportement biomécanique d'une chauve-souris en vol ne nécessite pas la même fréquence d'acquisition d'images que pour étudier le déplacement journalier des chauves souris posées dans leur gîte.

Dans le premier cas, une fréquence de 500 voire 1000 ips est nécessaire alors que dans le second cas, une image toutes les demi-heures sera suffisante. Le matériel utilisé sera donc très différent. Mais il faut savoir qu'une fois l'acquisition des images réalisées, toutes ces séquences, et quelle que soit la fréquence d'acquisition, sont ramenées à 25 images par seconde pour être visionnées.

Ainsi, une séquence du film tournée à 500 ips et qui n'aura duré qu'une seconde (passage en vol d'une chauve-souris) fera au final 20 secondes et permettra d'observer, grâce au **ralenti**, des comportements totalement invisibles à l'œil nu.

À l'inverse (et pourtant avec un résultat final identique), une séquence de clichés photographiques pris en gîte de reproduction pendant 10 jours avec une fréquence d'acquisition d'une image toutes les demi-heures fera au final un peu plus de 19 secondes et permettra également d'observer, grâce à l'**accélération**, des comportements totalement invisibles à l'œil nu.

Si cette séquence est synchronisée avec des relevés de températures, certains comportements de la colonie au sein du gîte sont analysables par un rapport « température / comportement ».

Le spectre de la lumière

Le spectre de la lumière fait parti du spectre électromagnétique qui représente la répartition des ondes électromagnétiques en fonction de leur longueur d'onde, de leur fréquence ou bien encore de leur énergie.

Cette bande d'ondes électromagnétiques se répartie sur une échelle comprise entre 0,001 nm (nm : 1 nm = 10<sup>-9</sup> m) correspondant aux rayons gammas, à 10<sup>+14</sup> nm correspondant aux ondes radios (cf. figure 1).

Le spectre visible est la partie du spectre électromagnétique qui est visible pour l'œil humain, c'est-à-dire une représentation de l'ensemble des composantes monochromatiques (violet, bleu, vert, jaune, orange et rouge) de la « lumière visible ».

L'œil humain perçoit les ondes électromagnétiques dont les longueurs d'ondes sont comprises entre 380 nm pour le violet et 780 nm pour le rouge.

Le spectre de la « lumière visible » pour l'être humain est donc une très étroite bande d'ondes électromagnétiques sur l'échelle spectrale entière.

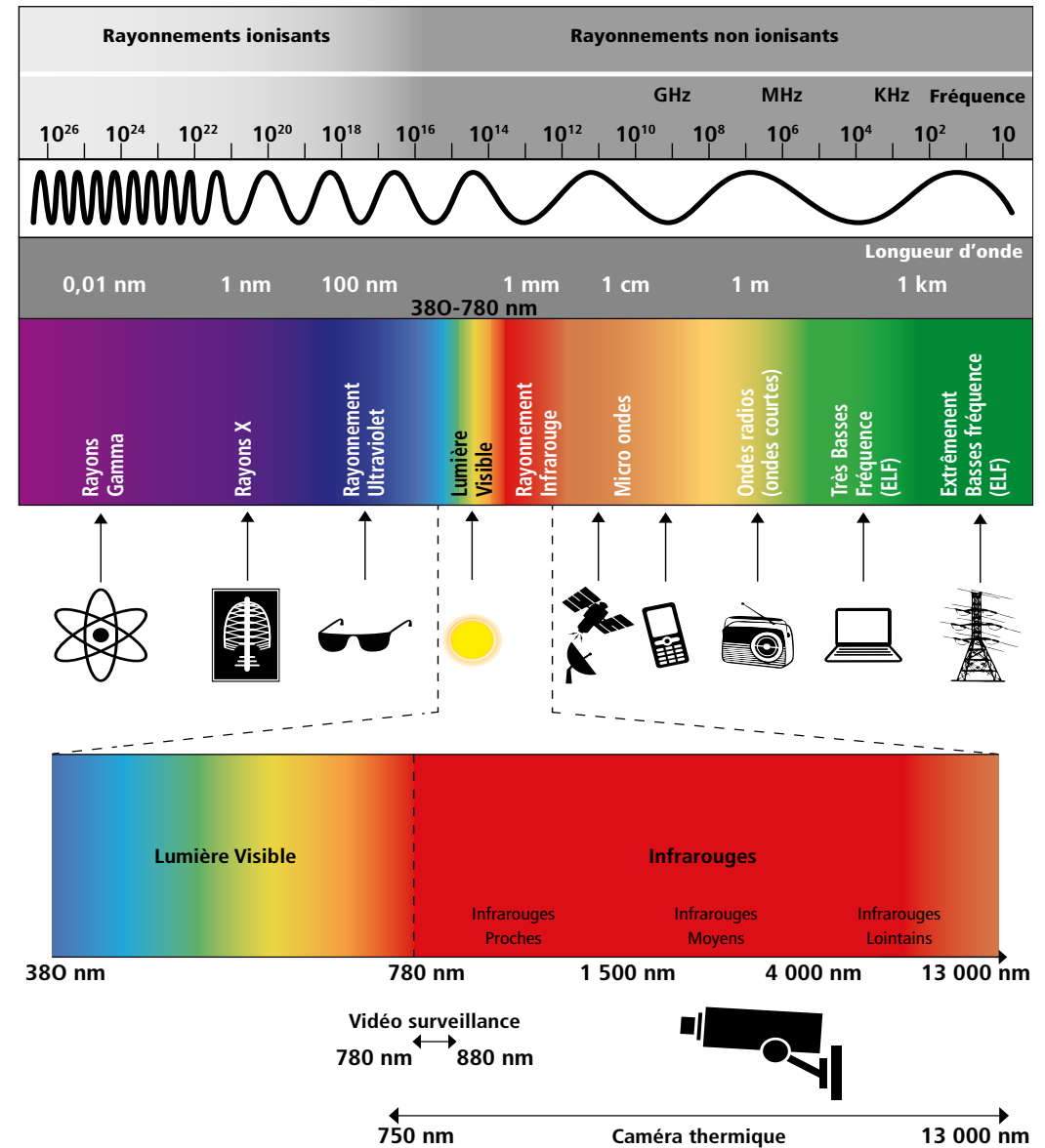
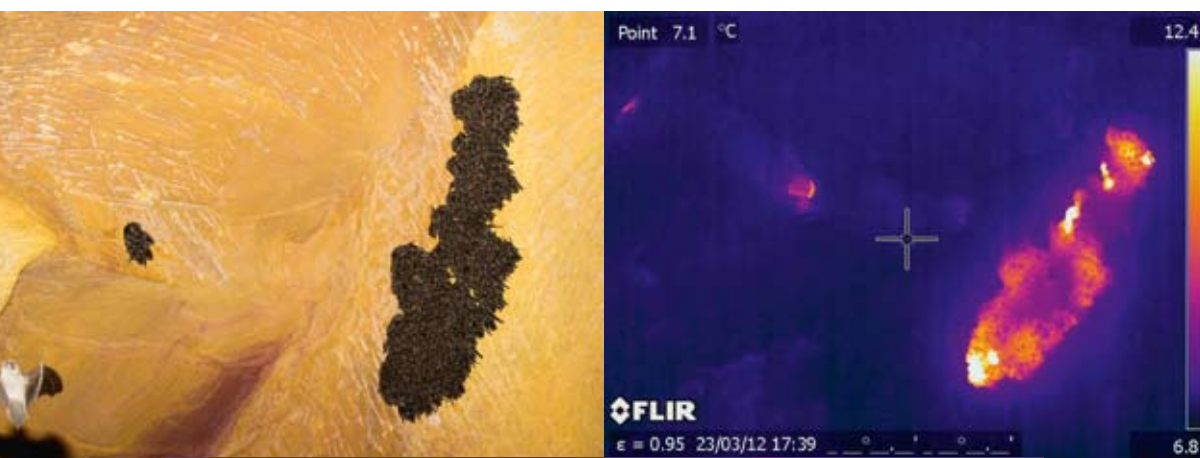


Figure 10 : Le spectre de la lumière sur l'échelle des ondes électromagnétiques.

Pour observer les chauves-souris, notre « lumière visible » suffirait si les Chiroptères n'étaient pas autant sensibles à ce spectre et si nous avions des yeux extrêmement sensibles au moindre photon\*, comme les chouettes ou le lynx, qui ont une excellente vision nocturne. En effet, il n'est pas envisageable de mener une étude sur les chauves-souris en utilisant des projecteurs classiques et c'est pourquoi, le spectre de l'infrarouge nous intéresse.

L'infrarouge est dans la continuité de la lumière visible mais, comme la plupart des animaux, les êtres humains n'y sont pas sensibles. Pour voir les infrarouges, nous devons avoir recours à des caméras numériques dont le capteur est « naturellement » sensible aux infrarouges. Cependant, il faut distinguer deux grands types de caméras infrarouges qui donnent des résultats bien différents :

- ✦ Les caméras classiques dont le capteur est sensible au proche infrarouge (de 780 à 900 nm). Elles nécessitent l'emploi de projecteurs infrarouges pour obtenir une image dans l'obscurité.
- ✦ Les caméras thermiques qui sont sensibles jusqu'à 13 000 nm et qui captent le rayonnement infrarouge d'un corps, c'est-à-dire leur chaleur. Elles affichent l'image thermique de la scène (cf. photo 1).



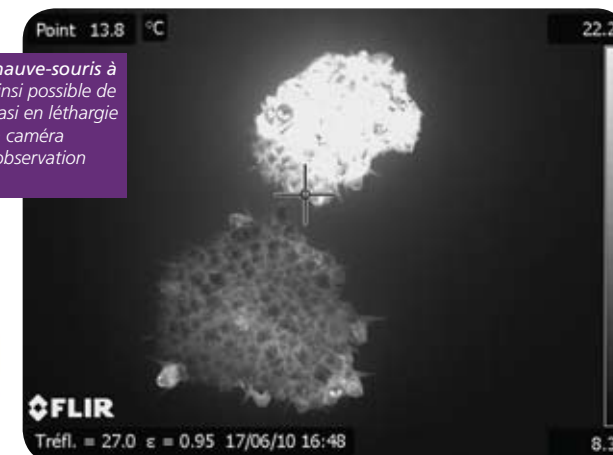
**Photo 1 :** Essaim de minioptères dans un gîte de transit. À gauche, photo prise au flash pour comptage et à droite image à la caméra thermique du même essaim. Plus les animaux sont blancs, plus ils sont chauds.

La vision thermique apporte des informations très intéressantes sur la léthargie des animaux et la répartition thermique des individus, comme sur la photo 2.

La lumière visible peut être suffisante pour certaines observations crépusculaires ou lors de la pleine lune. L'utilisation alors d'amplificateurs de lumière ainsi que les caméras ultra-sensibles peuvent être suffisantes à l'observation ou pour faire des prises de vues. Les résultats obtenus sont très surprenants à partir du moment où il y a encore assez de photons.



**Photo 2 :** Deux essaims de chauve-souris à la caméra thermique. Il est ainsi possible de distinguer qu'un essaim est quasi en léthargie quand l'autre est actif. Seule la caméra thermique permet ce genre d'observation étonnante.



### Quelle définition de capteur

Aujourd'hui le choix est grand et il est possible de filmer dans une définition équivalente à une qualité cinéma « à moindre coût ». Cependant plus la définition est élevée, plus le poids des fichiers à stocker va augmenter de manière conséquente tout comme le prix du matériel. Le choix de la définition dépendra du but recherché. Car selon l'objectif à atteindre, il n'est pas forcément nécessaire d'avoir une grande définition. Il convient donc de bien identifier ses besoins.

### Différence entre définition et résolution

La définition est le nombre total de pixels que le capteur possède. La résolution est le nombre de pixels par unité de mesure, par exemple 300 pixels par pouce (ppp) pour une impression papier et 72 pixels par pouce pour une résolution d'écran informatique.

Une grande définition n'est pas forcément un gage de qualité, tout dépend du processeur qu'il y a derrière le capteur. De plus, plus les pixels sont gros plus ils sont sensibles à la lumière et plus il est possible d'avoir de bonne performance en basse lumière. Le Nikon D4 a « seulement » un capteur plein format de 16 millions de pixels, définition bien suffisante pour 98% des utilisateurs. Ce boîtier haut de gamme de Nikon est loin d'être le plus défini mais il est l'appareil le plus sensible du marché, grâce aussi à toute l'électronique qui gère le capteur.

### Exemples de choix de matériel

- Dans le cadre de l'action A2 du LIFE+ CHIRO MED, dont l'objectif était d'étudier le placement des animaux par rapport à la température sous toiture (cf. photo 3), au cours d'une journée mais également au cours de la saison, il a fallu inventer un matériel de prise de vue adapté aux contraintes du cahier des charges :
  - prendre une image toutes les 30 min. pendant plusieurs semaines sans l'intervention d'un technicien,
  - photographier en infrarouge pour ne pas déranger la colonie,
  - photographier une zone de 20 m<sup>2</sup> avec très peu de recul,
  - avoir la possibilité de zoomer dans l'image pour compter les individus,
  - récupérer les images enregistrées tout en restant à une trentaine de mètres de la colonie.

La solution a été de détourner un appareil photo d'une définition de 12 millions de pixels et dont l'objectif est un 24 mm.



**Photo 3 :** Photographie en infrarouge d'une colonie mixte de grands rhinolophes et de murins à oreilles échancrées dans le cadre de l'action A2.

- Dans le cadre de la réalisation d'un film documentaire, une définition de 2K (1920 x 1080 pixels) ou full HD\* est nécessaire. Pour le film « Une vie de Grand Rhinolophe », le full HD a été choisi car c'est aujourd'hui le standard audiovisuel. Cependant, des caméras 4K (norme cinéma) ont été utilisées pour les images au ralenti (cf. photo 4).



**Photo 4 :** Caméra Phantom de 4 millions de pixels qui permet d'enregistrer 1 450 images par seconde.

- Dans le cadre d'une vidéo-surveillance d'une colonie de chauves-souris, dans un objectif de sensibilisation et avec la contrainte de la mise en ligne de la vidéo en direct sur Internet ; le choix devrait se porter sur des caméras de vidéo-surveillance dont la définition ne dépassera pas 720 x 576 (414 720 pixels, norme DVD). Cette définition est suffisante pour cet usage, elle ne surcharge pas le réseau et permet une meilleure fluidité vidéo. Pour Internet, il sera nécessaire de trouver le bon équilibre entre une définition suffisante et un flux d'images le plus proche de 25 ips.

Il convient de rappeler que ces flux d'images sont compressés par la caméra ou l'appareil photo dès leur sortie du capteur. Les fameux codecs (« co » : compresseur et « dec » : décompresseur) permettent d'économiser des kilo-octets\* mais dégrade l'image. Si le matériel le permet, il faudra également trouver le bon équilibre entre une compression efficace et une qualité d'image suffisante pour l'objectif à atteindre.

## Gestion de la masse d'information enregistrée

La masse de données récoltées lors d'un film ou d'une étude réalisée avec des techniques d'imagerie est très importante et il convient d'anticiper le stockage et le classement des images avant de commencer l'acquisition.

### Exemples

- Pour le film « Une vie de Grand Rhinolophe », ce sont environ 5 000 gigaoctets (5 téraoctets : 5 To) d'images en haute définition qui sont aujourd'hui stockés, environ 10 000 plans vidéo. L'ensemble des images est sauvegardé ce qui fait que 10 To sont utilisés.

Toutes les images sont archivées, via un logiciel d'imagerie qui permet leur classement, avec une série de mots clés tels que le lieu de prise de vue, l'espèce concernée, les comportements filmés, le matériel utilisé, la technique utilisée, etc. L'archivage est une phase importante qui doit être minutieusement réalisée car si un mot clé est oublié sur une image, elle n'apparaîtra pas dans vos recherches ultérieures.

- Pour réaliser l'étude sur le comportement d'une colonie de grands rhinolophes au sein de leur gîte de reproduction en fonction de la température qui change tout au long de la journée (de l'aurore au crépuscule) et de la période (entre mai et octobre), des appareils photographiques compacts automatisés ont été utilisés. Plus de 22 000 images ont été enregistrées sur environ 5 mois d'étude et ont demandées un stockage d'environ 70 gigaoctets (70 Go).

Dans ce cas, l'archivage via mots clés peut être réduit aux informations précises de lieu de prise de vue, du numéro de l'appareil photographique et de l'horodatage\*. Un point très important à ne pas oublier, est de veiller à ce que les appareils soient synchronisés tant au niveau du déclenchement que de l'horodatage (les appareils de prise de vue entre eux mais également avec les accessoires comme une station météo par exemple).

Plusieurs logiciels de classement d'images sont aujourd'hui sur le marché, le logiciel « Adobe Lightroom » est certainement le logiciel grand public le plus abouti.



### CONSEILS

- Gérer la masse d'information est une étape longue mais essentielle pour utiliser et valoriser ultérieurement sa banque d'images.
- Cette étape ne doit pas être négligée.
- Il convient de prévoir le temps nécessaire, c'est-à-dire pour un archivage précis, au moins autant que la durée des périodes de prises de vue ou le temps de tournage effectif.





**Avertissement :** Le matériel numérique étant en évolution constante et rapide, ce guide technique ne présente que les types de matériel susceptibles de répondre aux besoins d'une étude sur les chauves-souris. Des exemples de modèles de matériel sont présentés tout en sachant qu'ils seront rapidement dépassés, dans les 3 à 5 ans, par les nouvelles générations.

### L'importance des repérages et la complémentarité des techniques

Pour observer et/ou filmer les comportements des chauves-souris, une préparation minutieuse est un gage de réussite. La première des étapes préparatoires est le repérage. Cette étape peut être longue mais ne doit pas être négligée.

#### Exemples

- Dans le cas de l'étude menée sur le franchissement des routes par le Grand Rhinolophe lors du LIFE+ CHIRO MED (Action A6, cf. guide technique n°1 « Dispositifs d'aide au franchissement des routes ») :

- L'étude sur les terrains de chasse réalisée grâce à la télémétrie, a servi à dégrossir le travail de repérage en mettant en évidence les routes de vol utilisées par les animaux (Action A5).

- Dans un même temps, une analyse cartographique a été réalisée pour identifier les points noirs routiers, c'est-à-dire les endroits où les corridors (linéaire de végétation) étaient coupés par une route.

- Puis, des enregistrements sonores ont été réalisés avec des détecteurs d'ultrasons automatiques (Anabat™), durant des nuits entières, sur les « points noirs » identifiés. Ceci afin d'affiner, à quelques mètres près, les endroits de franchissement des routes par les animaux et pour connaître l'heure de leurs passages grâce à l'horodatage des enregistrements.

Ce repérage très fin a permis ensuite de se poster durant plusieurs nuits, équiper d'outils d'imagerie, aux points de passage prédéterminés ; et de réaliser, avec un taux de réussite maximal, des enregistrements vidéo pour comprendre comment les grands rhinolophes franchissent les routes et quels comportements adoptent-ils lorsqu'une voiture arrive.

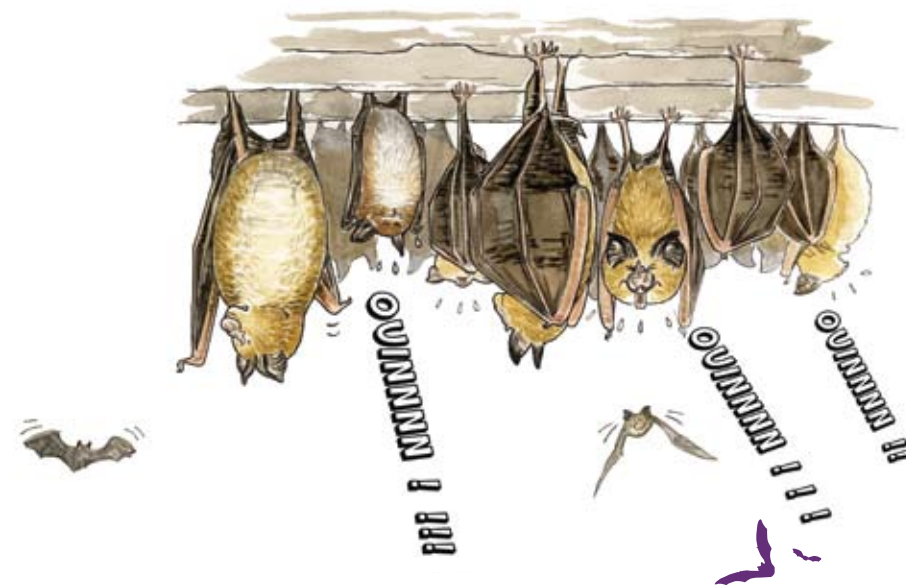
Nous voyons bien à travers cet exemple, que l'enregistrement vidéo ne remplace aucune autre technique mais que toutes les techniques sont complémentaires. La vidéo est un outil supplémentaire pour une meilleure connaissance de l'espèce et notamment de son éthologie. Ces données sur leurs comportements de vol sont source d'informations scientifiques utiles à la gestion et la protection de l'espèce.

Par ailleurs, l'ensemble des informations recueillies a servi à réaliser certaines séquences du film « Une vie de Grand Rhinolophe », outil de communication et de sensibilisation sur les chauves-souris auprès d'un large public (Action D4).



Photo 5 : Photographie en infrarouge d'une colonie de grands rhinolophes.

- Dans le cas d'une vidéo-surveillance sur une colonie installée dans un grand grenier ou un comble d'église (cf. photo 5), un minimum de repérage est aussi nécessaire. Il convient de réaliser au moins un, voire plusieurs suivis visuels l'année qui précède l'installation afin de déterminer au mieux les emplacements occupés par les chauves-souris. Sauf si le budget permet d'installer des caméras et des projecteurs pour couvrir toute la surface.



## Précautions avant toute installation dans un gîte

Afin d'éviter de mauvaises surprises comme la désertion d'une colonie, la mortalité d'individus ou encore de la détérioration du matériel, il convient de prendre certaines précautions pour les installations de matériel à l'intérieur des gîtes :

### Période d'installation du matériel

Concernant les études qui nécessitent l'installation de matériel à l'intérieur d'un gîte de reproduction, il est impératif de faire ces installations durant l'absence des chauves-souris. De préférence en hiver lorsque les Chiroptères sont dans leurs gîtes d'hibernation (l'absence saisonnière) car il est alors possible de travailler de jour dans le gîte. Si cela n'est pas possible, il faudra installer le matériel de nuit, lorsque les chauves-souris sont parties chasser.

Mais attention, lorsque les femelles sont en fin de gestation et/ou en période de mise bas, toute pénétration à l'intérieur du gîte est proscrite, même nocturne. Car un certain nombre de femelles restent en permanence dans le gîte avec les nouveau-nés et/ou les jeunes encore non volants. Pour tourner des séquences en période estivale, le matériel doit être placé dans le gîte avant la phase critique de fin de gestation et de mise-bas (risque d'avortement et de mortalité des nouveau-nés provoqué par le stress).

### Nuisance sonore du matériel installé

Le matériel installé (caméra, alimentation électrique, etc.) doit être testé auparavant avec un détecteur d'ultrasons pour vérifier l'absence d'émission d'ultrasons de celui-ci. Il faut placer le détecteur à 20 ou 30 cm de l'appareil à tester et essayer sur plusieurs fréquences.

Un certains nombres d'appareils émettent des ultrasons mais des solutions sont possibles pour pallier le problème. Ces solutions sont :

- Éviter tout transformateur (alimentation des différents équipements électriques), généralement générateur d'ultrasons, dans un rayon de 3 à 5 m des chauves-souris ou si cela n'est pas possible mettre ce matériel dans une boîte (en carton ignifugé ou matière non inflammable) pour stopper les ultrasons.
- Éviter d'installer du matériel muni d'un refroidissement par ventilateur et préférer les refroidissements passifs.
- Attention aux câbles électriques qui peuvent également générer des ultrasons lorsque le flux électrique est actif.

### Les câblages

Quels que soient les câbles installés au plafond, ils ne doivent pas pendre car ils sont potentiellement un danger mortel pour les chauves-souris. Celles-ci peuvent, en effet, se coincer dedans, se blesser ou se pendre (cf. photo 6).

Si la présence de rats est avérée, il sera nécessaire de mettre les câbles dans des gaines métalliques pour les protéger des dents des rongeurs.



Photo 6 : Grand Rhinolophe pendu dans des vieux fils de fer. Il a été sauvé in extremis.

### Électricité

Pour toute installation qui demande une alimentation électrique directe sur un réseau, vérifier la qualité de celui-ci. Car des microcoupures ou des surtensions peuvent être à l'origine de pannes des appareils utilisés. Connaître la qualité du réseau électrique permet de mieux analyser l'origine d'un dysfonctionnement du matériel dans le cas où cela se produit.

Pour limiter les désagréments occasionnés par un courant électrique discontinu, il est possible de réguler ce courant avec un onduleur\* ou d'utiliser une batterie de voiture (dans le cas d'une installation 12 volt) entretenue par un chargeur.

Dans le cas d'une installation dans un lieu sans électricité, les batteries de voiture s'avèrent une alternative intéressante. Elles permettent des autonomies de plusieurs semaines. Il faut prévoir des batteries secondaires afin de faire une rotation entre celles déchargées et celles chargées, ce qui permet de ne pas avoir d'interruption dans l'étude menée. Si cela est possible, l'idéal est de coupler les batteries à un panneau solaire. Attention, il faut veiller à ce que le panneau soit suffisamment puissant pour que la charge soit plus rapide que la décharge.

### Protection du matériel

L'installation d'un système d'observation des Chiroptères en gîte peut souffrir à la fois du guano et des gouttelettes d'urine. Il est donc impératif d'installer le matériel hors des zones d'accrochage des chauves-souris ; c'est-à-dire pas directement sous les emplacements préférentiels de celles-ci qui doivent être identifiés préalablement. De plus, il faut veiller à protéger tout le matériel avec un film plastique (hors objectif et ouïe d'aération) pour le préserver de la corrosion et pour éviter un nettoyage important en fin d'étude (cf. photo 7).

Quant à l'objectif de la caméra ou de l'appareil photographique, il doit être protégé au minimum avec un filtre neutre (sans dominante de couleur) ainsi qu'un parasoleil.



Photo 7 : Caméra ayant servi pour le film « Une vie de Grand Rhinolophe ». Remarquer la matte box qui permet de protéger l'objectif des lumières parasites mais aussi des projections de guano.

## Les différents types d'outils de vision nocturne

### L'amplificateur de lumière

L'amplificateur de lumière ressemble à une paire de jumelles ou un monoculaire (cf. photo 8). Il est constitué d'un objectif sur la face avant et d'un oculaire sur la face arrière. Un tube à amplification de lumière est installé entre les deux. Ce tube est une chambre à vide où se trouve une photocathode\*. Les photocathodes servent à transformer les photons en électrons.

Lorsqu'un photon entre dans la chambre à vide, il percute une première photocathode qui libère une décharge d'électrons et permet de recréer une image plus lumineuse sur l'écran phosphorescent qui se trouve en sortie du tube. C'est cet écran phosphorescent qui produit la typique image verte-jaune.

À l'intérieur du tube, plusieurs photocathodes peuvent être utilisées ce qui permet d'amplifier d'autant plus le signal. Le gain de luminosité varie entre 1 000 et 50 000 fois en fonction de la génération du tube amplificateur !

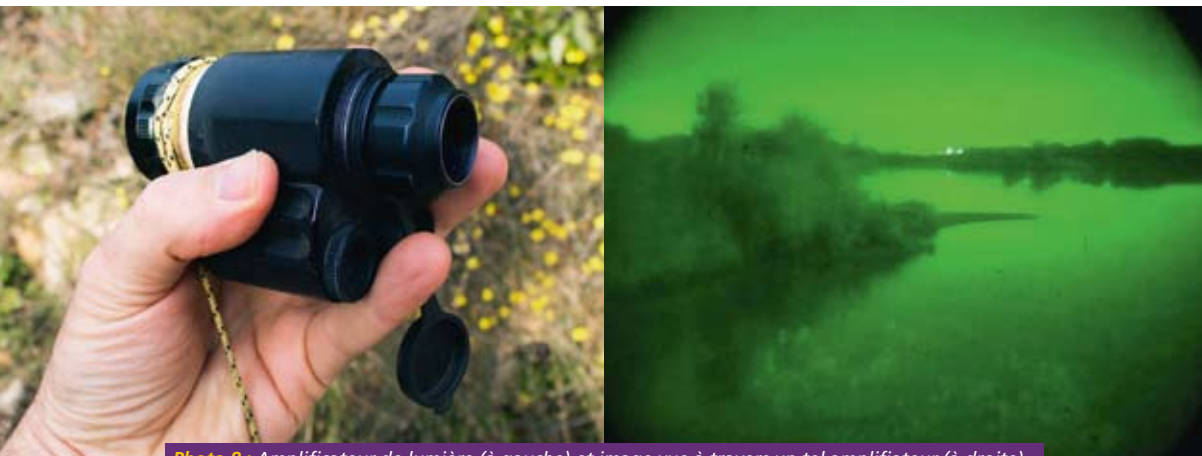


Photo 8 : Amplificateur de lumière (à gauche) et image vue à travers un tel amplificateur (à droite).

### Différences entre les générations de tube

Ce type de matériel est très léger et très maniable. Il existe différentes générations d'amplificateur de lumière (cf. tableau 1). Il se met facilement dans un petit sac voire une poche. C'est donc un outil idéal pour les observations en milieux difficiles, le tableau 2 synthétise les avantages et les inconvénients d'un tel appareil.

L'amplificateur de lumière est cependant un outil fragile. Le tube peut en effet vieillir rapidement s'il est exposé à des éblouissements répétés. Attention donc lors de l'achat d'un matériel d'occasion.

Tableau 1 : Comparaison des différentes générations d'amplificateur de lumière.

Génération	Facteur d'amplification	Sensibilité photocathode (en mA/lm)	Résolution (ligne paire / millimètre, = lp/mm)	Durée de vie (en heure)	Prix moyen (en €)
0	Matériel fonctionnant uniquement en infrarouge actif = nécessite un projecteur IR.		55		Matériel d'occasion
1	Jusqu'à 900x	120 à 250	25 à 35	2000	100 à 300
2	De 10 000 à 30 000x	240	32 à 50	3 000 à 4 500	1 100 à 3 000
2+	20 000 à 35 000x	600	35 à 60	3 000 à 4 500	2 000 à 4 500
3	De 30 000 à 50 000x	Entre 900 et 1 600	45 à + de 72	10 000	Jusqu'à 10 000

### Jumelles ou monoculaire ?

C'est certain, il est plus confortable d'observer avec les deux yeux. Cependant l'observation nocturne à travers un amplificateur de lumière a pour effet d'habituer les yeux à une luminosité importante et il faudra entre 15 et 45 mn pour que les yeux puissent s'habituer à nouveau à l'obscurité ce qui peut s'avérer dangereux sur le terrain. L'avantage du monoculaire est qu'il permet de garder un œil avec une pupille très ouverte et de garder une bonne vision nocturne naturelle.

Concernant l'observation des chauves-souris, l'amplificateur de lumière est idéal pour faire des comptages en sortie de gîte. Associé à un petit projecteur infrarouge, souvent intégré à l'appareil, il permet d'observer les animaux dans le noir total sans les perturber avec une lumière visible.

### Les inconvénients du monoculaire

- Les amplificateurs sont livrés avec une optique dont l'angle de champ est très réduit. Ainsi pour réaliser un comptage à l'entrée d'une vaste cavité, le faible angle de champ rend le comptage difficile.
- Les amplificateurs délivrent une image assez laiteuse lorsque la lumière du crépuscule est encore présente, les chauves-souris sont donc difficilement visibles.
- Les amplificateurs sont sensibles à l'éblouissement. Lors des observations des franchissements des routes par les grands rhinolophes, l'amplificateur n'a pas pu être utilisé du fait de l'éblouissement induit par les phares des véhicules et de la lumière crépusculaire.

Les amplificateurs de génération 1, associés à un petit projecteur infrarouge (IR), sont peu chers et sont très utiles pour observer les chauves-souris dans un rayon de 5 à 8 m. Cependant, ce sont des outils modestes qui n'ont pas les qualités de fabrication des générations supérieures et l'image est souvent nette au centre mais floue sur les bords.

L'offre des modèles d'amplificateur est très importante. Les qualités sont très variables, il est donc nécessaire d'essayer le matériel avant tout achat.

**Tableau 2 : Avantages et inconvénients d'un amplificateur de lumière.**

<b>Utilisations :</b> - Comptage en sortie de gîte. - Observation de colonie	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observation nocturne.</li> <li>- Sensible au proche infrarouge.</li> <li>- Léger et maniable.</li> <li>- Autonomie très importante (plusieurs dizaines d'heures).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'enregistrement vidéo intégré.</li> <li>- Coût non négligeable.</li> <li>- Angle de vision assez réduit (certains modèles permettent de changer d'objectif).</li> <li>- Vieillesse prématurée du système d'amplification si éblouissement répété.</li> </ul>
<b>Exemple de coût :</b> entre 100 et 10 000 €.	

Il existe depuis peu des amplificateurs de lumière numérique où l'image amplifiée n'est plus recréée sur un écran phosphorescent mais sur un capteur numérique. Ils offrent l'avantage d'être équipés d'une sortie vidéo qui peut être connectée à un enregistreur vidéo externe (style MPR Yukon).

### La caméra ultrasensible

Le matériel photo / vidéo est en évolution constante mais c'est seulement depuis 2009 avec la sortie du Nikon D3s (qui a été le premier à passer le cap des 100 000 ISO\* de sensibilité) et surtout depuis 2012 où la société Nikon a sorti le D4<sup>1</sup> avec 204 000 ISO et une vraie fonction vidéo que les choses deviennent vraiment intéressantes pour l'observation des chauves-souris simplement avec la lumière du crépuscule ou de la pleine lune. Le tableau 3 synthétise les avantages et les inconvénients d'un tel appareil.



**Photo 9 :** Appareil photo reflex numérique Nikon D4 muni d'un objectif 24 mm monté sur un trépied.

En parallèle, la société Nikon a sorti de nouvelles optiques très lumineuses et de très grande qualité. Ces objectifs sont des 24, 50 ou encore le 85 mm qui ouvrent à f/1,4. Le téléobjectif 200 mm a aussi une grande ouverture de focale (f/2.0). Le Nikon D4 (cf. photo 9) associé à une optique lumineuse permet aujourd'hui de filmer des scènes quasi nocturnes et en tout cas, au-delà de ce que peut voir l'œil humain. Les vidéos réalisées à très hautes sensibilités fournissent une image plutôt médiocre mais à 25 000 ISO, la qualité pour de l'observation scientifique ou naturaliste est correcte.

<sup>1</sup>Nikon D4 : à l'heure où ce guide va être imprimé, Nikon annonce la sortie du Nikon D4s qui affiche une sensibilité de plus de 400 000 ISO !

Ce type de matériel est en pleine évolution, il donne déjà des résultats intéressants mais il faudra attendre 2020 ou 2025 pour obtenir de très bons résultats juste avec la lumière lunaire.

La société Canon n'est pas en reste et son appareil photo EOS 1D mark IV talonne le Nikon D4. Canon a par ailleurs annoncé début 2013 qu'il mettait actuellement au point un nouveau capteur « Cmos » ultra-sensible qui permettra de filmer juste avec la lumière lunaire.

Dans le cadre d'une utilisation dans le spectre de la Lumière visible et donc avec un rendu couleur, ce type de matériel commence à être efficace pour l'observation des chauves-souris, mais celles-ci flirtent toujours avec les limites technologiques du matériel. Ces caméras ultra-sensibles ne pourront être utilisées que dans les 30 ou 45 minutes du crépuscule ou de l'aube, avec une très lumineuse pleine lune ou encore, avec la pollution lumineuse\* directe ou réfléchi sur les nuages. Cependant, pour observer les chauves-souris dans des endroits sombres, il est tout à fait possible d'ajouter une lampe rouge, telle qu'une lampe frontale, mais dans ce cas, l'observation se limitera au faisceau de lumière.

**Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la caméra ultra-sensible.**

<b>Utilisations :</b> Étude des comportements de vol crépusculaire.	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observation crépusculaire et en couleur.</li> <li>- Pas besoin de source lumineuse.</li> <li>- Observation nocturne possible si ajout d'une petite lampe rouge.</li> <li>- Enregistrement vidéo HD 1 080p.</li> <li>- Possibilité de ralenti de 2x.</li> <li>- Grand choix d'objectifs, du grand angle au téléobjectif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impossibilité de filmer par nuit noire sauf avec l'ajout d'une petite lampe rouge (style lampe frontale).</li> <li>- Coût non négligeable.</li> </ul>
<b>Exemple de coût :</b> environ 6 000 € boîtier nu + 2 000 € pour un objectif 24 mm ou 85 mm f/1.4 + 500 € pour un 50 mm f/1.4 + 6 000 € pour un 200 f/2, soit un total de 16 500 € TTC pour un équipement complet.	

### La caméra thermique

Les caméras thermiques ne sont pas sensibles à la lumière visible. Leurs capteurs utilisent la bande spectrale des rayons infrarouges qui commencent à la limite de la perception visuelle dans le rouge intense, ou le proche infrarouge à 750 nm et ont une visibilité jusqu' à 13 000 nm ; à savoir en-dessous de la limite de cette bande spectrale qui est l'infrarouge extrême à 100 000 nm.

Les caméras thermiques sont aujourd'hui des outils sans équivalent et qui réunissent deux atouts importants pour l'étude des chauves-souris. Elles sont à la fois :

- Un outil de vision nocturne très performant.
- Et un outil de mesure des températures de surface tout aussi performant.



Photo 10 : Visuel obtenu par une caméra thermique.

Elles sont un matériel de pointe qui permet de percevoir le moindre changement de chaleur du sujet observé avec une précision remarquable pour les caméras de « très haut de gamme » (cf. tableau 4).

Il faut savoir que la vision obtenue donne le même rendu de jour comme de nuit.

On peut observer (cf. photo 10) que les phares de la voiture n'éblouissent pas le capteur de la caméra. Le capteur étant sensible à l'énergie thermique de l'environnement mais pas à la lumière visible.

### Un outil de vision nocturne

Pour voir la nuit, les caméras thermiques n'ont presque pas de limite. Elles sont autonomes en matière d'éclairage car il n'est pas nécessaire d'ajouter des projecteurs infrarouges ou toute autre source lumineuse, cela n'aurait aucun effet. Elles permettent de voir sans limite de portée. Ainsi, une chauve-souris sera visible aussi longtemps qu'elle remplit au moins un pixel du capteur.

Mais cette visibilité dépend de l'éloignement de l'animal et de l'objectif utilisé. Et en pratique, la perception des contrastes de température n'est pas toujours optimale car un facteur important est à prendre en compte : les écarts thermiques. Une caméra thermique voit la chaleur d'un corps et nous distinguons une image seulement si, autour du corps, la température est suffisamment différente. Les observations, réalisées l'été en Camargue, ont été difficiles car les différences de température entre la végétation et la chauve-souris étaient parfois inférieures à 4°C. Ainsi, une amplitude thermique différente de 15 ou 20°C est idéale pour observer une chauve-souris en vol dans son environnement.

C'est dans cette contrainte, que les caméras « très haut de gamme » font la différence car elles ont une sensibilité très élevée. Elles permettent de distinguer une chauve-souris en vol sur fond de végétation avec un écart thermique très faible alors qu'elle aurait été invisible avec une caméra d'entrée de gamme.

L'inconvénient avec les caméras thermiques est la quasi impossibilité d'observation des Chiroptères en hibernation. Puisque les chauves-souris baissent et régulent leur température corporelle sur la température de la cavité située entre 0 et 10°C. La cavité (grotte, tunnel...) et les animaux sont thermiquement homogènes. Distinguer les formes de la grotte ou encore de la grappe de chauves-souris en léthargie est impossible sans être proche de l'essaim. En effet, l'image étant composée avec les différences de température captées par chaque pixel, si la température des corps et de la matière sont homogènes, l'image le sera également. Par contre, dans une cavité assez ventilée, il sera possible de visualiser les effets des courants d'air et peut-être de comprendre le choix de l'emplacement des chauves-souris en hibernation ou en transit au sein de celle-ci.

### Outils de mesures de températures de surface

Les caméras thermiques étalonnées sont des milliers de thermomètres extrêmement précis. En effet, chaque pixel est indépendant et est un point de mesure.

Une caméra qui a une définition de 640 x 480 pixels, possède 307 200 thermomètres !

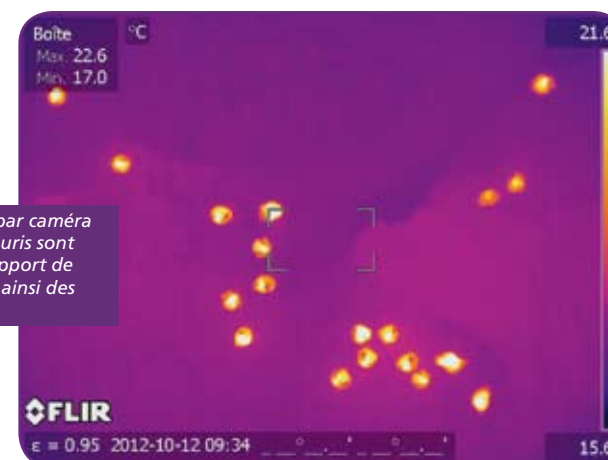
Tableau 4 : Comparaisons entre différents modèles de caméras thermiques.

	FLIR Scout PS32	Modèle FLIR E60	Modèle FLIR SC660
Résolution native du capteur en pixel	320 x 240	320 x 240	640 x 480
Fréquence (ips)	9	60	30 à 120
Pré-enregistrement	Non		Oui 7 secondes via logiciel
Sensibilité à 30°C	?	0,05°C	0,03°C
Autonomie	5 heures	4 heures	2,5 heures
Objectif interchangeable	Non	Non	Oui
Prix en € (environ)	3 000	7 000	45 000

Ainsi, il est possible simultanément de mesurer la température de plusieurs individus, de contrôler la température du gîte, d'identifier les zones fraîches ou encore déceler les courants d'air existants (cf. photo 11).

Pour conclure, toute personne qui veut utiliser une caméra thermique, et en retirer des données fiables, doit être formée au préalable à cette technologie de pointe. Le tableau 5 synthétise les avantages et les inconvénients d'un tel appareil.

Photo 11 : Exemple d'image obtenue par caméra thermique (FLIR SC660), les chauves-souris sont représentées de couleur jaune et le support de différentes teintes de violet montrant ainsi des différences de températures.





### CONSEILS

Mesurer la température d'un corps ou plus subtile, de plusieurs corps, impose un minimum de connaissances en thermographie sous peine de résultats totalement erronés.

Il faut savoir qu'à une même température, une poutre, un mur ou encore l'aile d'une chauve-souris donneront des résultats différents. Car le bois, la pierre ou la peau n'ont pas la même émissivité\*. Il sera donc impératif d'entrer dans les paramètres de la caméra l'émissivité du sujet que l'on veut analyser. De plus, l'environnement, la température de l'air, l'humidité, la distance du sujet, etc., sont autant de paramètres qui vont influencer plus ou moins sur les résultats et il est donc nécessaire de les prendre en compte.

**Tableau 5 :** Avantages et inconvénients de la caméra thermique.

Utilisations : - Étude des comportements de vol crépusculaire et nocturne. - Étude des comportements de régulation thermique des chauves-souris. - Étude thermique des gîtes à chauves-souris (cavités et bâtis).	
Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observation nocturne sans équivalent.</li> <li>- Insensible à l'éblouissement (ex : phares de voiture).</li> <li>- Mesure des températures.</li> <li>- Pas besoin de source lumineuse.</li> <li>- Enregistrement vidéo brut.</li> <li>- Pré-enregistrement via ordinateur.</li> <li>- Portable et maniable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulté d'observation lorsque qu'il y a un faible écart thermique.</li> <li>- Nécessite une formation pour les analyses thermiques.</li> <li>- Nécessite un ordinateur pour réaliser des enregistrements bruts de plus de 10 secondes.</li> <li>- Poids des enregistrements vidéo bruts très importants (environ 1 Go par minute).</li> <li>- Coût important pour un modèle de qualité, nécessaire à l'étude des chauves-souris.</li> </ul>

#### Les enregistrements

Il est possible avec certains modèles de caméras thermiques de réaliser des enregistrements bruts. C'est-à-dire d'enregistrer tout ce que distingue le capteur comme information avant le traitement par un logiciel qui permet d'avoir une image finale. Ce type d'enregistrement est très intéressant car il va permettre de retravailler, *a posteriori* et de façon très importante l'image pour obtenir par exemple, le bon réglage qui permettra de bien distinguer la chauve-souris sur un fond de végétation de température quasi-équivalente au corps de l'animal.

Les enregistrements bruts consomment environ 1 Go par minute. Le réglage de la fonction de pré-enregistrement est important car elle permet de déclencher à l'instant où la chauve-souris passe devant l'objectif tout en sauvegardant quelques secondes avant le déclenchement. Cette fonction permet de ne pas manquer le début de la scène voire le plan en entier ; et permet aussi d'économiser de l'espace sur le disque dur de sauvegarde des données.

En fonction des modèles de caméra, il est possible de réaliser un enregistrement directement avec la caméra, mais seulement pendant quelques secondes. Pour des enregistrements plus longs, il faudra ajouter au système un ordinateur et le logiciel de pilotage de la caméra.

#### Matériel de surveillance

Entre le matériel ultra-sensible à la lumière visible et la caméra thermique qui capte la chaleur des corps, il existe du matériel sensible au « proche infrarouge » (750 à 900 nm). Le « proche infrarouge » est situé dans le rouge profond et n'est donc plus visible par les animaux et par l'Homme.

Tous les capteurs des caméras et des appareils photos numériques sont sensibles au proche infrarouge. Le problème est que ces ondes électromagnétiques altèrent la qualité de l'image prise en lumière visible. C'est pourquoi, la plupart de ces appareils numériques sont protégés de ces ondes grâce à un filtre anti-infrarouge placé juste devant le capteur. Cette perte de sensibilité les rend donc inadaptés pour l'étude des chauves-souris.

Cependant, il existe un grand nombre de matériels vidéo qui sont dépourvus de ce filtre ou qui permettent de l'escamoter.

Les caméras sensibles « au proche infrarouge » ne sont pas pour autant des caméras thermiques et ne sont pas également des amplificateurs de lumière qui se suffisent de quelques photons.

Les caméras « proche infrarouge » ont besoin de lumière pour voir la nuit et doivent être couplées soit à un projecteur classique (peu d'intérêt pour un sujet d'étude sur les Chiroptères), soit à un projecteur infrarouge. Les projecteurs infrarouges sont des projecteurs qui produisent un faisceau « lumineux » invisible car situé dans la gamme du « proche infrarouge » et ils s'utilisent comme des projecteurs classiques.

Quoiqu'il en soit et quel que soit le matériel utilisé (vidéo ou photo), pour faire de la surveillance de cette faune nocturne, une logistique parfois importante s'impose. Notamment lorsqu'il est nécessaire de réaliser des prises de vue à distance (poste de contrôle éloigné de la caméra) et/ou de réaliser des prises sur de longues périodes.

#### Les projecteurs infrarouges

Il existe une multitude de projecteurs infrarouges sur le marché et à tous les prix. Ces projecteurs sont souvent négligés lors de l'achat du matériel. Alors qu'il s'agit d'un élément essentiel à un équipement complet.

Les fabricants et les vendeurs affichent des performances extrêmes de leurs projecteurs et donnent l'impression qu'avec un projecteur IR, il sera possible d'éclairer jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

Par exemple, un modèle de projecteur avec 318 leds de 10 mm est théoriquement mentionné pour éclairer jusqu'à 85 pieds, soit 300 m. En pratique, il faut diviser par 10 voire par 20 cette valeur dans un contexte d'observation des chauves-souris.

Les projecteurs de 140 leds de 3 mm (projecteur très répandu, cf. photo 12) sont un minimum pour commencer un équipement de vidéo-surveillance. Ce type de projecteur permet d'éclairer une surface d'environ 1,5 à 2 m<sup>2</sup> et jusqu'à 2 m de distance avec une puissance suffisante pour obtenir une bonne qualité d'image.

Pour améliorer l'homogénéité de l'éclairage, il est possible de mettre un diffuseur devant le projecteur mais dans ce cas, la puissance est diminuée.



Photo 12 : Projecteurs infrarouge de 140 leds de 3 mm (produit très répandu).



Photo 13 : Caméra de vidéo-surveillance IP (Internet Protocole) - PTZ (pan/tilt/zoom) avec son projecteur 140 leds infrarouges, ainsi qu'une photo tirée d'une telle vidéo de surveillance (au centre). La caméra est protégée par une bulle en plexi-glace.



Pour éviter toute nouvelle source de bruit et/ou d'émission d'ultrasons dans le gîte, les projecteurs doivent être sans ventilateur intégré mais avec un refroidissement passif. Si le projecteur a un ventilateur, il faut le débrancher et enlever la vitre devant les leds pour que le refroidissement puisse se faire.

#### Caméra de vidéo-surveillance

La vidéo-surveillance est en pleine expansion et l'offre en matériel est aujourd'hui très importante. Utilisée à l'origine pour des contrôles de sécurité ou de sûreté publique, celle-ci peut être détournée vers un objectif d'étude scientifique et/ou de sensibilisation sur les chauves-souris.

Le matériel de vidéo-surveillance est fait pour être utilisé à distance. Celle-ci varie de quelques mètres, lorsque le poste de contrôle est dans une pièce voisine de l'endroit où se trouve la colonie observée. Mais grâce à Internet cette distance de visionnage (transmission d'images) s'étend aujourd'hui à l'infini. La surveillance d'une colonie de Chiroptères peut se faire de n'importe quel endroit du monde sous réserve d'avoir une connexion à un réseau Internet.

L'offre est aujourd'hui très variée et le matériel très performant. Les caméras de surveillance PTZ (pan/tilt/zoom) sont parfaites pour l'étude des chauves-souris à l'intérieur de leur gîte. Ce sont des caméras pilotables à distance et orientables dans toutes les directions. (cf. photo 13). Elles fournissent 25 ips et sont pourvues souvent d'un zoom puissant de l'ordre de 18x, 29x voire 45x pour le zoom optique.

La vidéo-surveillance est pratique et est préconisée pour observer les chauves-souris dans leur vie quotidienne (en gîte de reproduction). Ces observations comportementales peuvent avoir pour simple objectif une étude éthologique mais peuvent aussi être mise en lien avec un paramètre physique tel que le changement de température et/ou l'hygrométrie du gîte.

Si la colonie de chauves-souris est installée dans un bâtiment d'un village, la vidéo-surveillance peut servir d'outil de sensibilisation. Les images pouvant être transmises en direct dans une pièce d'accueil au public. Pour plus d'attractivité et d'interactivité, le public peut piloter les caméras via un joystick\*. De plus, certaines caméras de vidéo-surveillance ont un serveur intégré. C'est-à-dire qu'elles sont connectables sur le réseau Internet directement et sont donc consultables à distance à tout moment et par différentes personnes via un réseau Internet.

En pratique, la vidéo-surveillance d'une colonie demande une logistique lourde : Les caméras sont connectées à un ordinateur grâce à un réseau de câbles important pour être paramétrées et pilotées. Elles nécessitent une source d'électricité fiable. Cependant, ces systèmes de vidéo-surveillance procurent des résultats très bons voire excellents, si le matériel choisi est bien adapté à la problématique.

Plusieurs constructeurs fabriquent des caméras de vidéo-surveillance, comme Sony, Axis ou encore Panasonic. Leur gamme de modèles est très large et prévue pour tous les budgets.

Pour les chauves-souris, on veillera à ce que les caractéristiques soient au minimum celles-ci :

- caméra ptz (pan/tilt/zoom).
- 25 ips à pleine définition.
- Zoom de minimum 18x.
- Minimum 720 x 576 pixels voire Full HD 1080p.
- Fonction jour/nuit pour bénéficier d'une sensibilité aux proches infrarouges.
- Logement pour carte mémoire permettant des enregistrements sans équipement externe.

Il existe aussi des caméras de vidéo-surveillance qui sont des caméras thermiques. Les sociétés Axis et FLIR proposent quelques modèles.



Caméra de vidéo-surveillance analogique sur une tourelle qui permet de réaliser des panoramiques horizontaux et verticaux.

**Exemple de vidéo-surveillance d'une colonie durant une saison (mai à septembre)**

Assurément, la première des difficultés à surmonter est l'accès au réseau électrique. La vidéo surveillance d'une colonie de Chiroptères sur une saison n'est envisageable que sur des espèces qui gîtent dans des bâtis, ou à proximité immédiate, et où l'accès au réseau électrique est possible. Sans réseau électrique, la vidéo-surveillance d'une colonie n'est envisageable que si l'on peut équiper le site avec des panneaux solaires.

Par exemple en 2009, le Groupe Chiroptères de Provence a pu réaliser une étude sur une colonie de reproduction de grands et petits murins du Parc national des Écrins grâce au fait que la colonie était située au cœur d'un village. L'accès à l'électricité était assuré. Il a permis l'utilisation de ce type d'équipement et d'atteindre les objectifs de l'étude : mettre en relation les comportements des chauves-souris avec la température du gîte et la sensibilisation du public via les séquences vidéo enregistrées (cf. photo 14).



Photo 14 : Poste de contrôle à distance.



Photo 15 : Matériel installé dans les combles d'un bâtiment du Parc national des Écrins.

Sur la photo 15 n'est présent que le matériel installé dans les combles (il faut y ajouter le matériel du poste de contrôle) :

- 1 caméra numérique ptz<sup>1</sup> munie d'un zoom d'au moins 25x avec fonction jour/nuit ; définition 640 x 480 pixels ; 25 images par seconde en pleine définition ; serveur intégré ; pilotable à distance via Internet.
- 3 caméras analogiques d'excellente définition et d'une très grande sensibilité ; résolution 720 x 576 pixels ; définition 540 lignes TV.
- 3 zooms (1 grand-angle 2,6x et 2 téléobjectifs : 6x et 15x).
- 2 têtes motorisées pan/tilt qui permettent d'orienter les caméras non ptz de gauche à droite et de bas en haut.
- 2 contrôleurs ptz : permettent de piloter à distance les têtes motorisées et les zooms des caméras analogiques.

- 2 moniteurs 17".
- 15 projecteurs infrarouges 140 leds + transformateur.
- 450 mètres de câblage divers.
- 1 ordinateur équipé des cartes d'acquisition et du logiciel de vidéo-surveillance « Digivue » qui donne la possibilité d'enregistrer les vidéos de 4 caméras à 25 ips. Cet ordinateur peut être soit l'ordinateur de contrôle, soit le serveur pour un contrôle distant.
- Une station météo Hobo avec 4 sondes thermos (cf. photo 16).
- Une source d'alimentation électrique.

Il faut noter que ce matériel est déjà ancien mais il est toujours de très bonne qualité. Le coût d'un tel dispositif est d'environ 15 000 € (prestation comprise).

<sup>1</sup> ptz : pan/tilt/zoom ; signifie que la caméra est mobile dans tous les sens et possède un zoom.



Photo 16 : Exemple de station météo HOBO (en médaillon) installée dans un gîte de grands rhinolophes et de murins à oreilles échanquées. Les sondes thermiques sont placées à distances les unes des autres, grâce à une grande longueur de câble, afin de mesurer la température en des points précis du gîte.

**La photo-surveillance**

La photo-surveillance sera choisie lorsqu'il n'est pas nécessaire d'observer les chauves-souris en vision continue. Contrairement à la vidéo, la photo-surveillance permet d'avoir des définitions très élevées et donc des images permettant le comptage des individus dans une colonie importante. L'autonomie en mémoire et en énergie est un autre de ses atouts car il permet une surveillance sur de très longues périodes sans l'intervention d'une personne.

Pour l'étude des chauves-souris, il faudra que le matériel soit évidemment sensible au « proche infrarouge » et un ou plusieurs projecteurs infrarouges seront nécessaires pour éclairer la scène.

Contrairement au matériel de vidéo-surveillance, le choix en matériel de photo-surveillance est beaucoup moins important. Il existe sur le marché des appareils prévus pour l'observation de la faune sauvage. Ils sont étanches, peuvent déclencher de façon programmée (une photo ou une petite séquence vidéo peuvent être prise) ou sur détection de mouvement. Ce matériel bénéficie d'une autonomie assez importante tant au niveau alimentation électrique qu'en prise de vue (jusqu'à 30 000 photos).

Cependant, ce matériel est peu adapté pour l'étude des chauves-souris mais il pourra être utilisé pour surveiller des petits gîtes à chauves-souris. Le système d'éclairage infrarouge intégré est peu puissant mais certains modèles permettent de déclencher des projecteurs supplémentaires.

Ce matériel est donc adapté si l'objectif est d'avoir des informations sur la présence/absence de Chiroptères dans des gîtes de petites tailles (inférieur à 5 m<sup>2</sup>).



À l'heure où est écrit ce guide, il n'y a pas sur le marché de matériel de photo-surveillance de très bonne qualité pour l'observation des chauves-souris. Cela s'explique, par le fait que :

- Le capteur de déclenchement de ce matériel est de type thermique et mouvement. Il faut une combinaison de ces deux éléments pour qu'il y ait une prise de vue. Les chauves-souris sont (dans l'ensemble) très légères et n'émettent qu'une faible chaleur (du moins pour le capteur de ces appareils) ce qui détériore ou annule la détection.
- Le temps de réaction (temps entre la détection et la prise de vue) de ces caméras est au mieux de 0.1s. Ce qui est à la fois rapide pour beaucoup d'espèces mais lent pour les chauves-souris en vol.
- La vitesse d'obturation des objectifs de ces appareils est trop lente pour obtenir des clichés exploitables d'individus en vol.
- Il n'y a pas encore d'appareil avec un grand angle (au moins 24 mm de focale).
- Les chauves-souris sont sombres, actives la nuit ou dans l'obscurité de leur gîte, petites et très mobiles.

Dans le cadre de l'étude du LIFE+ CHIRO MED sur le comportement du Grand Rhinolophe et du Murin à oreilles échanquées par rapport aux variations thermiques dans leur gîte de reproduction, le matériel a donc été développé spécifiquement à partir d'un appareil photographique numérique compact sélectionné pour ses caractéristiques techniques. Cet appareil a été modifié pour obtenir un matériel sensible aux infrarouges, programmable sur de longues périodes et dont les photos étaient téléchargeables à 30 mètres de distance (Action A2).

Il faut noter que, si la définition n'est pas une priorité, le matériel de vidéo-surveillance peut s'avérer un excellent choix. En effet, il existe aujourd'hui certaines caméras en version « haute définition » (2 millions de pixels) qui disposent d'un logement pour une carte mémoire afin d'enregistrer des images suivant la programmation réalisée au moment de l'installation.

#### Exemple du matériel nécessaire à la photo-surveillance d'une colonie de reproduction de grands rhinolophes (programme LIFE+ CHIRO MED).

En 2011, une installation de photo-surveillance a été réalisée pour étudier le comportement de la colonie par rapport à la température du gîte. La particularité du matériel était que chaque appareil était divisé en 2 modules. Les 2 modules étaient reliés par un câble spécial. Le module « prise de vue » était composé d'un appareil photo sensible aux infrarouges et d'un projecteur infrarouge. Le second module était composé du boîtier de programmation de l'appareil photo et de la mémoire amovible (cf. photo 17). C'est sur cette mémoire amovible qu'étaient enregistrées les images.

**Photo 17 :** Appareil photo compact modifié, protégé et relié à un boîtier de programmation de déclenchement automatique paramétrable, et de stockage des données (clichés) qui est synchronisé aux autres dispositifs identiques.



Ce dispositif permettait de récupérer à tout moment les images prises par l'appareil photo qui était situé juste en dessous de la colonie. Ainsi, sans déranger les chauves-souris, nous pouvions voir les photos mais aussi programmer l'appareil différemment (délai entre 2 photos, exposition, diaphragme, etc).



**Photo 18 :** Le système complet de prises de vues utilisé lors d'une photo-surveillance d'une colonie de reproduction de grands rhinolophes.

Le système complet de prises de vues (cf. photo 18) était donc constitué de :

- 1 appareil photo compact dans un caisson étanche,
- 1 boîte contenant l'automate de programmation industriel et le stockage des images,
- 1 bobino de 30 mètres de câble spécial pour le départ,
- 2 batteries de 12 volts et de 50 ampères par heure (12V, 50A/h) ; la deuxième batterie est destinée à remplacer la première pendant la recharge,
- 1 station météo « Hobo » à 4 sondes.

En autonomie complète et avec une batterie de 50 ampères/heure, ce système est capable de tourner pendant 10 à 15 jours, à raison d'une image toutes les demi-heures.

Chaque appareil photo a été couplé avec un projecteur IR de 140 leds de 3 mm de diamètre. Malgré ce projecteur un peu puissant, il a été nécessaire de réaliser une pose de 1 seconde pour que la photo ne soit pas sous-exposée (trop sombre).

Toutefois, afin d'éclairer de façon la plus homogène possible la surface photographiée, une feuille de papier calque avait été installée devant le projecteur, réduisant par 3 ou 4 sa puissance (cf. photo 19).

Le coût d'un système complet est d'un peu moins de 3 000 € (sans la station hobo).



**Photo 19 :** Le dispositif mis en place lors d'une photo-surveillance d'une colonie de reproduction de grands rhinolophes.

### La caméra vidéo rapide

Les caméras vidéo rapides sont des caméras qui permettent d'enregistrer des centaines voire des milliers d'images par seconde. L'intérêt de ce matériel, extrêmement pointu et très coûteux, est d'obtenir des images au ralenti d'une très grande précision et ainsi de pouvoir observer des comportements totalement imperceptibles à l'œil nu.

Les chauves-souris sont des petits animaux très nerveux (en gîte estival) et très rapides (en vol). Le recours à la vidéo rapide est nécessaire dans le cadre d'un tournage de documentaire, d'une étude éthologique ou biomécanique.

Les vitesses d'acquisition conseillées pour filmer les chauves-souris sont d'environ :

- 75 à 200 ips pour une scène en plan « large » ou « serré » dans un gîte.
- 150 à 300 ips pour un gros plan d'une chauve-souris suspendue, en train de se nettoyer ou de scanner son environnement ; et pour un plan large d'un individu en vol.
- 600 à 2 000 ips pour un plan serré ou un gros plan d'une chauve-souris en vol.

Plusieurs modèles de caméras vidéo rapides sont sensibles au « proche infrarouge », ce qui permet d'utiliser des projecteurs infrarouges afin d'obtenir la lumière nécessaire à la prise de vues et de ne pas déranger les chauves-souris.

Plus la vitesse d'acquisition est élevée, plus il faudra ajouter des projecteurs infrarouges et/ou utiliser des projecteurs plus puissants. Une puissance élevée permettra également de diaphragmer et donc de gagner en profondeur de champ\*.

L'utilisation des caméras vidéo rapides nécessite une logistique assez importante :

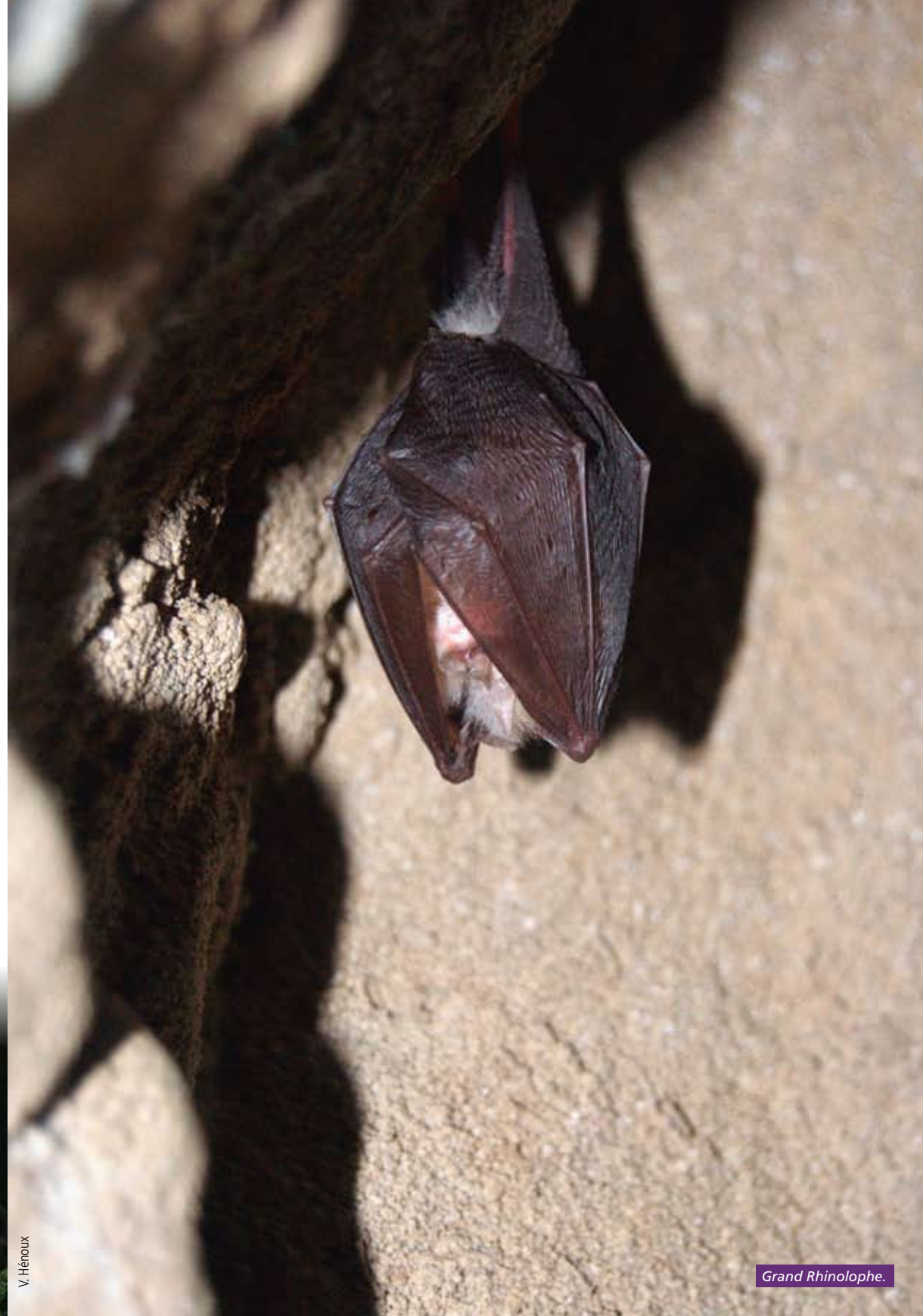
- Une source électrique (groupe électrogène).
- Nombreux projecteurs infrarouges.
- Nombreux câblages.
- Des trépieds.
- Un ordinateur, etc.

La caméra enregistre des séquences vidéo non compressées, ce qui consomme de 1 à 32 Go par seconde filmée, voire plus.

Le leader mondial de la fabrication des caméras vidéo rapides est « Vision Research » avec ses très réputées caméras « Phantom » (cf. photo 20).

Ses concurrents sont, entre autres : Photron, IDT, AOS Système.

**Photo 20 :** Modèle Phantom de caméra HD de la marque Vision Research, utilisé pour le film documentaire « Une vie de Grand Rhinolophe ».





## CONCLUSION

Il y a encore 15 ans, seuls les amplificateurs de lumière pouvaient être utilisés pour l'observation des chauves-souris. La vidéo numérique était limitée en sensibilité, les caméras thermiques n'étaient pas démocratisées et donc très chères. Les projecteurs infrarouges à leds (non chauffant) n'existaient pas. Les ralentis n'étaient possibles qu'avec des caméras argentiques dont la sensibilité limitée des films imposait l'utilisation de projecteurs très puissants, donc extrêmement dérangeants pour les Chiroptères. Le photographe travaillait avec des pellicules de 100 à 800 ISO et le stockage des données informatiques se faisait sur des disquettes d'1 Mo de mémoire...

En seulement 15 ans, et grâce au numérique, le bond technologique a été incroyable. Les outils de vision nocturne en ont largement bénéficié et leur bonne performance sera inévitablement accrue dans un avenir proche.

Aujourd'hui, il n'y a pas un mais des outils de vision nocturne. Le matériel est très diversifié et chaque outil a des avantages et des inconvénients. Chacun d'entre eux permet d'ouvrir des fenêtres dans la nuit et d'observer la vie des chauves-souris. L'observation directe est une solution aujourd'hui réaliste et possible à conditions de bien choisir le matériel pour une utilisation adaptée aux questions posées, aux objectifs à atteindre et au contexte.

Chaque étude ou utilisation a ses propres exigences techniques (cf. tableau 6) et le matériel est de plus en plus performant pour y faire face. Mais on peut aussi dire que les performances de plus en plus élevées du matériel nous amènent à être de plus en plus exigeants dans nos études et nos recherches.

Dans tous les cas, l'étude des Chiroptères bénéficie amplement de l'évolution technologique quasi-exponentielle du matériel, que ce soit à l'intérieur des gîtes comme à l'extérieur (terrains de chasse, déplacements guidés par les corridors écologiques, franchissements des routes, etc.). Le matériel de vision nocturne, associé à d'autres techniques, comme la télémétrie ou la trajectographie\*, permet une compréhension de l'écologie et de la biologie des chauves-souris comme jamais auparavant.

Les chauves-souris restent cependant des animaux très difficiles à étudier. Et malgré l'évolution et l'apparition des nouvelles technologies performantes et adéquates à leur observation et à leur étude, seule une connaissance fine de ces mammifères restera un gage de réussite pour atteindre les objectifs recherchés.



Tableau 6 : Utilisations versus type de matériel ( - : pas favorable à +++ : très bon ) :

	Amplificateur de lumière	Caméra ultrasensible	Vidéo surveillance (proche infrarouge)	Photo surveillance	Caméra thermique	Caméra haute vitesse
Observation naturaliste, balade nocturne	+++	++	-	-	+++	-
Sensibilisation du public (observation directe)	++	+	+++	-	+++	++
Suivi présence/absence sur une longue période	-	-	+++	+++	-	-
Comptage en sortie de gîte	+++	à ++++ (dépend du site)	++ (dans le gîte)	-	+++	-
Étude thermique d'un gîte/placement des chauves-souris	-	-	++ (synchronisé avec des sondes thermiques)	+++ (synchronisé avec des sondes thermiques)	+++	-
Étude des comportements de vol	+	+	-	-	+++	+++ (sujet proche)
Comportements de régulation thermiques des chauves-souris	-	-	-	-	+++	-
Étude biomécanique	-	-	-	-	-	+++

**Biodiversité** : Désigne la diversité des êtres vivants. Cette diversité s'exprime et joue un rôle à tous les niveaux d'organisation de la vie : la diversité des espèces, la diversité au sein d'une espèce, entre les individus qui la constituent à un instant donné, la diversité écologique, celle d'associations d'espèces dans un milieu donné. (source : stratégie nationale pour la biodiversité 2011-2020).

Variabilité des organismes vivants de toute origine compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celles des écosystèmes (source : convention sur la diversité biologique).

Diversité des organismes vivants, qui s'apprécie en considérant la diversité des espèces, celle des gènes de chaque espèce, ainsi que l'organisation et la répartition des écosystèmes. Le maintien de la biodiversité est une composante essentielle du développement durable. (source : Vocabulaire de l'environnement paru au JORF du 12 avril 2009).

**Directive Habitats Faune Flore (directive 92/43/CEE du 21 mai 1992)** : Un règlement pris par l'Union européenne visant à maintenir la diversité biologique des États membres par la conservation des espaces naturels et des espèces de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire. Le réseau Natura 2000 rassemble ces sites d'intérêt communautaire constitués de Zones Spéciales de Conservation (ZSC) définies par la Directive Habitats et de Zones de Protection Spéciale (ZPS) définies par la Directive Oiseaux (Directive 79/409/CEE du 2 avril 1979). L'annexe II DH liste les espèces dont la conservation nécessite la désignation de ZSC.

**Écosystème** : Unité écologique fonctionnelle formée par le biotope et la biocénose, en constante interaction. (source : Vocabulaire de l'environnement paru au JORF le 4/02/ 2010).

**Émissivité** : Capacité d'un matériau à émettre de l'énergie par rayonnement. Un corps soumis à un rayonnement en absorbe une certaine quantité mais en réémet. L'émissivité est la grandeur qui permet de connaître la part de flux réémise après absorption.

**Espèce** : Unité taxonomique fondamentale dans la classification du monde vivant. Une espèce est constituée par l'ensemble des individus appartenant à des populations interfécondes échangeant librement leur pool de gènes mais qui, à l'opposé, ne se reproduisent pas avec les individus constituant les populations d'autres taxa voisins qui appartiennent au même peuplement. (source : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des Sciences de l'Environnement – François Ramade).  
Espèce prioritaire : Espèce d'intérêt communautaire en danger et pour la conservation de laquelle l'Union européenne porte une responsabilité particulière, compte-tenu de l'importance d'une part de son aire de répartition naturelle comprise dans le territoire européen des États Membres. Les espèces d'intérêt communautaire prioritaires sont indiquées dans l'annexe II de la Directive Habitats-Faune-Flore 92/43/CEE.

**EUROATS** : Cet accord a pour but de protéger les 36 espèces de chauves-souris identifiées en Europe, au moyen de mesures législatives, éducatives et de conservation, ainsi qu'une coopération internationale entre les pays signataires et les autres gouvernements européens. Les Parties signataires de l'Accord EUROATS sont engagées vers un but commun : la conservation des populations européennes de chauves-souris.

**Full HD** : (Full High Definition) Appellation commerciale qui signifie qu'un appareil (en général un téléviseur ou un moniteur vidéo) est capable d'afficher en définition native, une image constituée de 1 920 x 1 080 pixels, ce qui fait une image de plus de 2 millions de pixels. La définition d'un DVD est de 414 720 pixels.

**Gîtes d'hibernation** : Les chauves-souris hibernent dans des cavités naturelles ou artificielles, comme les grottes, les mines, les tunnels, les caves, les fissures d'anciennes carrières, les trous d'arbre, etc. Ces gîtes leur offrent une obscurité totale, une tranquillité absolue, une température fraîche plus ou moins stable qui les préserve du gel, une ventilation légère, et un taux d'humidité généralement proche de la saturation qui évite le dessèchement de leurs ailes.

**Gîtes de reproduction** : De juin à septembre, les femelles se regroupent en colonie de parturition et mettent bas leur unique petit de l'année (entre mi-juin et fin juillet). Les sites occupés par ses colonies se caractérisent par une température élevée, l'absence de courant d'air, l'absence de dérangement et une nourriture abondante aux alentours. Les sites les plus favorables sont les combles et greniers, les granges, les écuries, les fissures dans les arbres, les grottes chaudes...

**Gîtes de transit** : Ce sont des abris occupés par les chauves-souris plus ou moins temporairement au printemps et à l'automne. Ils sont assez variés (cabanons, granges...), mais leurs conditions ne sont pas propices à la reproduction. Leur rôle est encore peu connu, ils offrent souvent un point de chute entre les gîtes d'hiver et d'été, et abritent des effectifs très variables.

**Habitat, Habitat prioritaire** : Lieu où vit l'espèce et son environnement immédiat à la fois abiotique et biotique. (source : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement - François Ramade).

Un habitat naturel ou semi-naturel est un milieu qui réunit les conditions physiques ou biologiques nécessaires à l'existence d'une espèce ou d'un groupe d'espèces animales ou végétales. (source Natura 2000).

Un habitat d'espèce correspond au milieu de vie de l'espèce (zone de reproduction, zone d'alimentation, zone de chasse, etc.). Il peut comprendre plusieurs habitats naturels. (source Natura 2000).

Un habitat naturel prioritaire au sens de la Directive 92/43/CEE, est un type d'habitat en danger de disparition présent sur le territoire européen des États membres où le traité s'applique pour la conservation desquels la communauté porte une responsabilité particulière, compte tenu de l'importance de la part de leur aire de répartition naturelle comprise dans ce territoire. Les types d'habitats naturels prioritaires sont indiqués dans l'annexe I de la Directive.

**Horodatage** : Mécanisme qui consiste à associer une date et une heure à un événement, une information ou une donnée informatique. Il a généralement pour but d'enregistrer l'instant auquel une opération a été effectuée. Il se traduit habituellement sous la forme d'une séquence de caractères représentant la date et l'heure à laquelle est survenu un événement.

**Hygrométrie** : Mesure de l'humidité de l'air. On utilise l'humidité relative, notée RH, qui est le pourcentage de la valeur maximale d'humidité dans l'air à une température donnée.

**ISO** : Mesure de la sensibilité à la lumière des pellicules et des capteurs numériques. Elle est une donnée essentielle à la détermination d'une exposition correcte.

**Joystick** : Périphérique informatique constitué d'un manche posé sur un socle. Des boutons-poussoirs sont également accessibles sur le manche ou le socle. L'utilisateur peut agir sur le périphérique soit en bougeant le manche dans une direction, soit en pressant les boutons.

**Led** : Diode électroluminescente (light-emitting diode), un composant optoélectronique qui permet l'émission de lumière monochromatique.

**L'Instrument Financier pour l'Environnement (LIFE+)** : Le programme LIFE+ finance des projets qui contribuent au développement et à la mise en œuvre de la politique et du droit en matière d'environnement. Ce programme facilite notamment l'intégration des questions environnementales dans les autres politiques et, de façon plus générale, participe au développement durable.

**Lucifuge** : Qui fuit la lumière. Se dit spécialement de certains animaux qui vivent dans l'obscurité.

**Onduleur** : Dispositif permettant de protéger des matériels électroniques contre les aléas électriques. Il s'agit d'un boîtier placé en interface entre le réseau électrique (branché sur le secteur) et les matériels à protéger.

**Photocade** : Matériau capable de convertir un rayonnement lumineux en électron par émission secondaire, le plus souvent afin de permettre sa détection. Elle est une composante des photomultiplicateurs (amplificateur de lumière).

**Photon** : Particule élémentaire (quantum) de la lumière. Le nom photon vient du grec et signifie « lumière ».

**Pixels** : Unité de base permettant de mesurer la définition d'une image numérique matricielle. Son nom provient de la locution anglaise « picture element », qui signifie « élément d'image ».

**Pouce** : Unité de mesure de longueur et vaut 2,54 cm exactement (un douzième de « pied », mesure anglo-saxonne).

**Pollution lumineuse** : Éclairages artificiels allumés la nuit tombée et jusqu'au lever du soleil, qui cause de véritables nuisances pour la faune nocturne.

**Profondeur de champ** : Distance entre le premier plan net et le dernier plan net de l'image.

**Services rendus par les écosystèmes ou éco-systémiques** : Ce sont les bienfaits directs ou indirects que l'homme retire de la nature ; ils comprennent des services de prélèvement (nourriture, eau, bois, fibre, etc.), des services de régulation (climat, inondations, maladies, déchets, pollinisation, etc.), des services d'auto-entretien (formation de sols, photosynthèse, recyclage des nutriments) et des services culturels (bénéfices récréatifs, esthétiques, spirituels).

**Tragus** : Appendice en saillie à l'intérieur de l'oreille.

**Trajectographie** : Technique permettant d'écrire la trajectoire d'une cible mouvante à partir des données obtenues lors de son déplacement. Le résultat peut être en 2D ou 3D.



D. Demontoux

Murin à oreilles échanquées.





## RÉFÉRENCES INTERNET UTILES



- francois.jehin.pagesperso-orange.fr/licencepro/Lutz/lma\_active.pdf
- www.panasonic.com/business/psna/products-surveillance-monitoring/index.aspx
- www.piegephotographique.fr
- www.visionresearch.com/French/Home
- www.visionnocturne.org
- www.photron.com/fr
- www.astrosurf.com
- www.flir.com/fr
- www.atn-optics.fr
- www.axis.com/fr
- www.nightvisionplanet.com
- www.nikon.fr/fr\_FR
- www.lahouxoptics.nl
- www.canon.fr
- main.yukonopticsglobal.com
- www.sony.fr/pro/products/video-security

### Éditions LIFE+ CHIRO MED

[www.lifechiromed.fr](http://www.lifechiromed.fr)

### Coordination générale

Véronique Hénoux et Katia Lombardini  
Parc naturel régional de Camargue (PNRC)  
[www.parc-camargue.fr](http://www.parc-camargue.fr)

### Rédaction

Tanguy Stoecklé  
Groupe Chiroptères de Provence (GCP)  
[www.gcprovence.org](http://www.gcprovence.org) & [www.tanguystoeckle.fr](http://www.tanguystoeckle.fr)

Véronique Hénoux  
(PNRC)

### Relecteurs

Frédéric SALGUES  
Société piegephotographique  
[www.piegephotographique.fr](http://www.piegephotographique.fr)  
Xavier Petter

### Création graphique et mise en page

Vincent Lemoine  
[lemoine\\_v@yahoo.fr](mailto:lemoine_v@yahoo.fr)

### Illustrations

Cyril Girard  
[www.cyrilgirard.fr](http://www.cyrilgirard.fr)

### Crédits photographiques

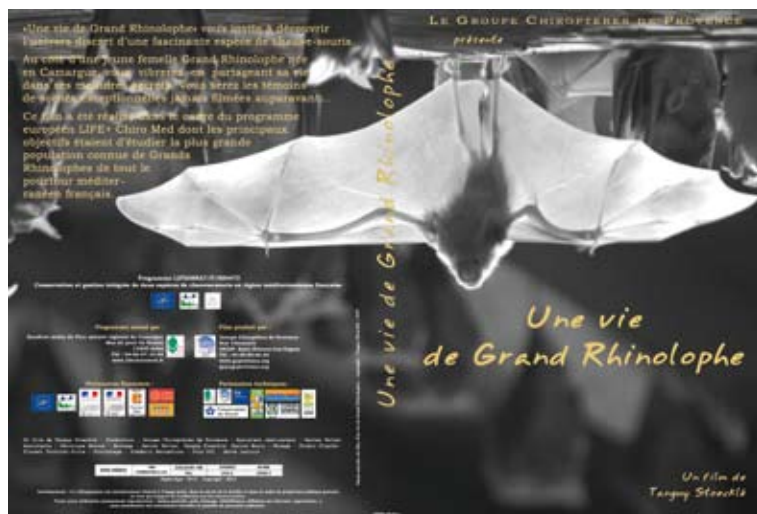
Véronique Hénoux (photos 4, 19, 20)  
Tanguy Stoecklé (photos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18)

### Impression

Pure Impression  
[www.pure-impression.fr](http://www.pure-impression.fr)



Les rapports du LIFE+ CHIRO MED sur les différentes actions sont consultables sur le site internet : [www.lifechiromed.fr](http://www.lifechiromed.fr)



Entre 2010 et 2014, Tanguy Stoecklé a réalisé le film « Une vie de Grand Rhinolophe » dans le cadre du programme LIFE+ CHIRO MED. Ce film est consacré au Grand Rhinolophe et permet de suivre une femelle et son bébé tout au long de leur vie. Vous y verrez des scènes exceptionnelles jamais filmées auparavant.

### Remerciements

Le Parc naturel régional de Camargue tient à remercier l'ensemble des partenaires financiers et techniques du programme LIFE+ CHIRO MED, l'ensemble des partenaires qui ont participé à la rédaction de ce guide ainsi que tous les salariés, stagiaires et bénévoles qui ont participé activement aux différentes actions du programme.



Les Guides Techniques du LIFE+ CHIRO MED

Cette collection mise en œuvre dans le cadre du programme LIFE+ CHIRO MED coordonnée par le Parc naturel régional de Camargue est destinée à un public spécialisé.

Chaque guide aborde un thème précis qui résulte de la synthèse et des résultats des actions menées dans le cadre du programme européen LIFE+ CHIRO MED.

Les autres guides

Guide technique n°1

**Dispositifs d'aide au franchissement des routes**

Guide technique n°2

**Gestion du parasitisme bovin et faune coprophage**

Guide technique n°3

**Aménagements de gîtes favorables à la reproduction**

Guide technique n°4

**Conduite de prospections hivernales en cavités**

Guide technique n°5

**Éléments de gestion conservatoire des territoires**



Publication non-commerciale

Dépôt légal : avril 2014

ISBN : 2-906632-49-X

Imprimé sur papier 100% recyclé avec encres végétales