

Guide d'utilisation et de ressources de la Grille de suivi du bien-être des Ophidiens

Ce document fournit des conseils sur la réalisation d'un suivi du bien-être des ophidiens au sein des établissements membres de l'AFdPZ.

Contributeurs : Sylvie Clavel (Docteur vétérinaire à l'African Safari), François Huyghe (Docteur vétérinaire, Directeur de Biotropica) Olivier Marquis (Docteur en Biologie, Curateur des reptiles, amphibiens et arthropodes au Parc Zoologique de Paris/Muséum National d'Histoire Naturelle), Samuel Martin (Docteur vétérinaire, Directeur de la Ferme aux Crocodiles-Réserve Tropicale), Christelle Monthulé (Responsable Zoologique/Capacitaire au Zoo d'Upie), Charlotte Hubler (chargée de mission formation à la Société Herpétologique de France, gérante de Repti Conseils & Formations), Antoine Gouygon (Directeur de Reptiland).

Relecture et accord de publication par les membres de la Commission BEA de l'AFdPZ.

Contenu du guide :

Qu'est-ce que le bien-être animal ?	2
Quels sont les objectifs d'un suivi du bien-être des animaux ?	3
Qui se chargera de réaliser ce suivi ?	3
Quels animaux doivent être évalués ?	3
Combien de temps dure une évaluation ?	3
À quelle fréquence une évaluation doit-elle avoir lieu ?	3
Quel est le résultat de l'évaluation ? Chaque animal reçoit-il une note de bien-être ?	4
Que se passe-t-il après l'évaluation ? Comment les actions seront-elles hiérarchisées après une évaluation ?	4
Guide d'utilisation de la grille	5
Outils de réponse / Références des indicateurs	6
Nutrition	6
Indicateur N1	6
Indicateur N2	6
Indicateur N4	6
Indicateur N5	6
Indicateur N6	6
Indicateur N8	7
Environnement	8
Indicateur E9	8
Indicateur E10	8
Indicateur E11	8
Indicateur E12	8
Indicateur E13	8
Indicateur E24	8
Indicateur E28	8

Indicateur S33.....	9
Indicateur S34.....	9
Indicateur S36.....	10
Informations concernant les éclairages.....	11
Note sur la qualité du photohabitat*.....	11
Note sur l'apport endogène de vitamine D3 chez les ophidiens.....	11
Note sur les UV-A.....	12
Note sur les UV-B.....	13
Tableau comparatif de différentes technologies de chauffage / éclairage.....	14
Ressources bibliographiques :.....	19

Qu'est-ce que le bien-être animal ?

Le bien-être d'un animal est l'état mental et physique positif lié à la satisfaction de ses besoins physiologiques et comportementaux, ainsi que de ses attentes. Cet état varie en fonction de la perception de la situation par l'animal (ANSES, 2018). Il fait référence à un état spécifique, propre à chaque individu. Il est lié à la façon dont chaque animal expérimente son propre environnement et sa vie, à travers des expériences agréables spécifiques à son espèce (vitalité, affection, sécurité, et excitation), ou désagréables (douleur, faim, peur, ennui, solitude et frustration).

L'état de bien-être d'un animal peut être influencé à la fois positivement et négativement par tous les paramètres de son milieu de vie : alimentation, environnement, santé et forme physiques (y compris blessures et maladies), environnement social (y compris les interactions avec les humains), capacité à répondre aux motivations comportementales spécifiques à son espèce ainsi qu'individuelles, pour vivre des expériences physiques ou sociales positives.

Le modèle des cinq domaines est conçu pour faciliter la compréhension et l'évaluation du bien-être animal. Il comprend quatre domaines physiques / fonctionnels :

- **Nutrition** : apports en eau et en nourriture, qualité de la nourriture,
- **Environnement** : complexité de l'enclos, diversité des structures et enrichissements qui permettent l'exercice / l'exploration,
- **Santé physique** : condition physique de l'animal, blessures externes ou boiteries par exemple,
- **Comportement** : comportements observés chez l'animal.

Le cinquième domaine est l'**état mental** de l'animal. Il résulte des quatre premiers et représente toutes les expériences subjectives vécues par l'animal : positives (exemples : satiété, confort physique, sentiment de sécurité, contrôle, récompense...) ou négatives (exemples : faim, inconfort – auditif, respiratoire..., anxiété, frustration...).

Les domaines de la nutrition et de l'environnement sont évalués à travers des indicateurs basés sur les ressources fournies à l'animal. Quant aux domaines de la santé physique et du comportement, ils sont évalués par des indicateurs basés sur l'animal lui-même.

Quels sont les objectifs d'un suivi du bien-être des animaux ?

Il existe de nombreuses raisons d'entreprendre un suivi objectif du bien-être. La principale est l'identification de tout problème chez un animal au moment de l'évaluation. Ce processus peut aussi contribuer à souligner un manque d'informations relatives à l'espèce, l'individu et ses besoins, qui pourrait entraîner un problème de bien-être à l'avenir. Il permet alors de prioriser les recherches sur le comportement d'un animal. Enfin, un tel suivi, mené à l'échelle de l'établissement, permet de recueillir des éléments probants qui peuvent aider à la prise de décisions pour la gestion de l'établissement et de la collection animale, y compris dans le domaine des dépenses en investissement. Un suivi du bien-être des animaux permet d'améliorer les pratiques et donc d'affiner la bientraitance des animaux.

Qui se chargera de réaliser ce suivi ?

Le processus de suivi sera réalisé par plusieurs personnes, de préférence issues de différents services (soigneurs animaliers, vétérinaire, biologiste, stagiaires scientifiques, administration, visiteurs), pour chaque animal ou groupe d'animaux. Le nombre d'évaluations augmente avec celui des évaluateurs et avec lui, la précision des problèmes mis en évidence.

Chaque personne effectuant une évaluation remplit une grille d'évaluation nominative. Chaque grille est ensuite traitée : les réponses peuvent par exemple être enregistrées dans un tableur Excel ou dans le module « Care and Welfare » du logiciel ZIMS et analysées afin de rédiger un plan d'action. Les différences de perception importantes entre les différents personnels / services / profils d'évaluateurs sont intégrées dans l'analyse.

Quels animaux doivent être évalués ?

Le processus d'évaluation concerne toutes les espèces animales. La grille d'évaluation fournie est flexible : elle peut être utilisée pour évaluer le bien-être d'un animal, de plusieurs individus d'une même espèce, ou encore, de tous les individus d'une installation accueillant plusieurs espèces. Sont priorisés les animaux considérés par l'équipe comme connaissant ou ayant connu un problème de bien-être.

Combien de temps dure une évaluation ?

La durée d'une évaluation est variable selon l'observateur. La grille de 41 critères nécessite une vingtaine de minutes d'observation en moyenne.

L'évaluation peut nécessiter la consultation préalable des registres des animaux, des rapports quotidiens des soigneurs, des fiches d'alimentation et des dossiers médicaux. La collecte de ces informations doit être réalisée en temps utile, car l'état de bien-être d'un animal est en constante évolution et son évaluation est donc valable à un instant précis dans le temps. Par exemple, l'indicateur *"La quantité de nourriture répond aux besoins nutritionnels de l'individu"* fait référence à l'état actuel du régime alimentaire, non à une réponse approximative pour la saison ou l'année.

À quelle fréquence une évaluation doit-elle avoir lieu ?

Les évaluations sont planifiées sur une base continue pour construire une image la plus réaliste possible de la qualité de vie d'un animal, tout au long de sa vie. Un seul suivi par animal n'est pas suffisant : il reflète l'état de bien-être à un moment précis. De plus, chaque évaluation mettant en évidence un problème de bien-être conduit

à la proposition de solutions. La mise en place de ces solutions sera suivie d'une nouvelle procédure d'évaluation.

Le calendrier des évaluations dépend de la disponibilité en ressources humaines et du temps nécessaire à la mise en œuvre des solutions proposées.

Il est conseillé de réaliser 3 créneaux d'évaluation sur la journée, d'environ 20 minutes pour avoir une bonne représentativité de la journée-type de l'individu évalué.

Quel est le résultat de l'évaluation ? Chaque animal reçoit-il une note de bien-être ?

Le suivi du bien-être aide l'ensemble de l'équipe d'un établissement zoologique à identifier tout problème de bien-être animal et la/les raison(s) et origine(s) de ce(s) problème(s).

Les animaux ou groupes obtenant le plus d'indicateurs évalués positivement sont considérés comme ayant probablement une qualité de vie supérieure à celle des animaux / groupes ayant obtenu plus de valeurs négatives.

La procédure d'évaluation (composée de plusieurs grilles complétées par plusieurs évaluateurs au profil différent) est suivie de l'élaboration d'un plan d'action pour

améliorer le bien-être de l'animal / du groupe. Ce plan d'action est rédigé par l'équipe de l'établissement. Il liste les problèmes de bien-être mis en évidence par le suivi, les solutions proposées, les personnes désignées pour la mise en place des solutions et le délai souhaité.

Le contexte et la perspective sont importants pour interpréter les résultats d'un tel suivi. Par exemple, un animal qui ne dispose pas de matériaux de litière appropriés au moment de l'évaluation n'est pas automatiquement considéré comme ayant une mauvaise qualité de vie ou en situation de mal-être. Il est essentiel de se rappeler que le bien-être est l'état d'un animal, tel que vécu par l'animal lui-même. Les différents indicateurs listés dans la grille ont donc tous un impact et forment une image globale du bien-être de l'animal.

Que se passe-t-il après l'évaluation ? Comment les actions seront-elles hiérarchisées après une évaluation ?

Le processus régulier de suivi du bien-être a pour objectif de planifier les étapes pour une amélioration constante du bien-être des animaux présents au sein de tout établissement zoologique. Les résultats permettent notamment de définir les priorités et ainsi utiliser avec efficacité les ressources disponibles.

Guide d'utilisation de la grille

Vous (l'évaluateur) devez répondre à toutes les affirmations listées dans la grille (71 indicateurs) au mieux de vos capacités, en vous appuyant sur votre expérience, vos connaissances et votre expertise.

Vous devez faire des observations sur le ou les animaux dans leur espace de vie pendant 20 minutes environ. Vous pouvez, si vous le souhaitez, avoir accès à des informations comme les registres, dossiers médicaux, plans d'alimentation, données de poids, et tout projet de recherche entrepris sur l'animal ou les animaux faisant l'objet de l'évaluation dont vous vous chargez. L'obtention d'informations à partir de ces multiples sources prend du temps : planifiez votre temps en conséquence.

A noter - Il s'agit d'un suivi du bien-être **actuel** de l'animal (la période à laquelle vous effectuez l'évaluation), non de son bien-être depuis sa naissance ou son arrivée dans l'établissement.

La grille comporte 5 valeurs d'évaluation et un espace de prise de notes. Vous ne devez en **cocher qu'une seule sur les 5** : celle qui vous paraît la plus appropriée.

La colonne "**Oui**" signifie que le critère est entièrement rempli.

La colonne "**Pas totalement**" signifie que le critère est partiellement rempli et quelques améliorations sont nécessaires.

La colonne "**Presque pas**" signifie que le critère n'est quasiment pas rempli et que beaucoup d'améliorations sont nécessaires.

La colonne "**Non**" signifie que le critère n'est absolument pas rempli.

La colonne "**Ne sait pas**" est cochée si vous n'avez pas les connaissances nécessaires pour répondre au critère (par exemple *soins vétérinaires, traitement en cours...*). Il est possible que les informations que vous avez collectées au préalable ne permettent pas de répondre à certains critères.

La colonne "**Non applicable**" est cochée lorsqu'un critère ne s'applique pas à une espèce (par exemple *l'examen de l'eau des bassins* pour des espèces qui n'en ont pas).

La partie "Commentaires" est disponible pour toute remarque, précision...

Le dernier encadré correspond au nombre total de croix dans chaque colonne. La dernière section commentaires est disponible pour ajouter toute remarque, précision, élément de conclusion (sur la fiche d'évaluation, l'animal, l'environnement...).

La fiche d'évaluation est **flexible** : elle peut être appliquée pour un individu, un groupe de plusieurs individus de la même espèce ou des groupes de plusieurs espèces partageant un même espace. Pour ces 2 derniers cas, considérez le groupe comme un élément unique. Néanmoins, si vous remarquez qu'un individu en particulier semble ne pas correspondre aux valeurs attribuées pour l'ensemble du groupe, nous vous encourageons à le signaler dans la section commentaires.

Une fois le questionnaire complété, les résultats obtenus seront intégrés dans un rapport comportant les relevés de chaque évaluateur et leurs analyses. Une fois le processus de suivi terminé pour un individu / groupe d'individus, le rapport est complété d'un plan d'action, afin de lister des solutions pour chaque problème mis en évidence et prioriser leur mise en place avant d'initier une nouvelle procédure de suivi permettant de mesurer l'impact des changements.

Outils de réponse / Références des indicateurs

Nutrition

Indicateur N1

S'agissant spécifiquement des espèces aux mœurs aquatiques, le bassin étant également source d'abreuvement, on devra en garantir la qualité physique (température notamment), chimique et sanitaire (propreté, exempte de matières fécales, de restes de mues, de germes...) par une filtration adaptée et correctement dimensionnée. On tiendra compte également de la cohérence du pH et de la dureté maintenues par rapport aux données publiées sur les milieux d'origine de l'espèce (eau douce et acide vs dure et alcaline).

Indicateur N2

L'approvisionnement en eau est assuré de manière adaptée : quand présentée en récipient, on veillera à en adapter la taille, contenance, profondeur, la méthode de distribution / de renouvellement (pulvérisation, goutte à goutte...) par rapport à la taille et aux besoins biologiques de l'individu.

Indicateur N4

La quantité de nourriture distribuée (taille des repas et fréquence) est nécessaire et suffisante afin de garantir le maintien sur le long terme d'un embonpoint idéal (Cf. évaluation de l'état corporel S34).

Indicateur N5

Qualité des aliments : ils sont stockés, préparés et distribués dans des conditions permettant une bonne conservation hygiénique, visuelle et organoleptique (odeur, goût...). On assurera notamment la décongélation des proies congelées à 4 °C dans des conditionnements propres et permettant le drainage des jus de décongélation. On privilégiera les proies dites « IQF » (congelées individuellement avant conditionnement en lot), qui resteront détachables à l'unité malgré la congélation. Ces proies sont plus faciles à décongeler proprement tout en maintenant une présentation attrayante pour le serpent. Elles évitent de devoir décongeler des proies en masse et les stocker ainsi sur une longue période. Les proies sont remises à température sur une courte durée juste avant distribution, et ne sont pas laissées sous les points chauds qui accéléreraient leur dégradation. Elles sont retirées rapidement si non consommées. Enfin, au cas où la méthode de conservation a modifié la qualité nutritionnelle de l'aliment (congélation/décongélation notamment), les nutriments dégradés font l'objet d'une supplémentation adaptée (supplémentation en vitamine B des poissons décongelés par exemple).

Indicateur N6

La diversité des proies est assurée en tenant compte de l'ensemble du spectre rendu possible par l'élevage. On saura fournir la plus grande palette possible adaptée à l'âge, la taille et le stade physiologique du serpent, des proies cohérentes avec les données publiées dans la littérature comme étant ses proies habituelles, notamment :

- Arthropodes : Criqueux, blattes, grillons, papillons (notamment domestiques : Sphinx du Mûrier, de l'Ailante)
- Mollusques

- Poissons : Guppies, vairons, gardons, éperlans, carpeaux, truitelles, cichlidés divers, etc.
- Amphibiens : Têtards et grenouilles produites en élevage maîtrisé d'espèces non protégées
- Reptiles : Geckos (*Lepidodactylus* sp., *Eublepharis* sp...), serpents prolifiques (*Pantherophis* sp. *Lampropeltis* sp...), issus d'élevages contrôlés et de statut sanitaire connu. Les petits geckos parthénogénétiques du genre *Lepidodactylus* sont une alternative intéressante aux gavages par « bébérose » des tout jeunes serpenteaux ophiophages. Un élevage bien mené permet à tout moment la disponibilité de proies de tailles variées.
- Oiseaux : Poussins d'un jour à adultes de poules, cailles, pigeons et tourterelles, canards, dinde, pintade, autres oiseaux d'élevage ...
- Mammifères : Rongeurs de tous âges (de la souris au ragondin), lapins de races naines à géantes, caprins et ovins de tous âges (nouveaux nés à adultes de races naines), porcins, jeunes cervidés...

Pour l'ensemble de ces proies à élever, on s'assurera de la régularité de leur utilisation dans le cadre alimentaire avec l'arrêté d'utilisation des sous-produits d'origine animale délivré par les autorités sanitaires. On le fera le cas échéant évoluer en en sollicitant la modification à la lumière de l'évolution des bonnes pratiques d'alimentation des Carnivores.

Au-delà de la stricte diversité des proies distribuées, on veillera à en garantir le meilleur état sanitaire et nutritionnel possible. Une attention particulière sera apportée à la bonne santé et la bonne alimentation des proies (insectes correctement alimentés - et pas distribués après des semaines au réfrigérateur, notion de gut-loading -, rongeurs non obèses, poulets non cachectiques, etc.).

Indicateur N8

Le bien-être des animaux utilisés comme proies doit être respecté. Il n'autorise pas à le laisser faire les frais d'attaques répétées et non conclues par une mise à mort efficace par le serpent, générant une souffrance extrême et prolongée. Ainsi toutes les proies doivent être présentées mortes ou fraîchement tuées en première intention. La distribution de proies vivantes doit être limitée aux cas d'échecs répétés de prise de proie morte ou fraîchement tuée (encore chaude), et réalisée sous supervision permanente du responsable.

La mise à mort de la proie doit être réalisée par une personne aguerrie et selon une méthode maîtrisée, prévue dans les bonnes pratiques en la matière, afin d'être rapide et ne générant que le strict minimum de stress et de souffrance.

Les modalités de distribution de la proie font l'objet d'une réflexion au cas par cas visant au meilleur compromis entre l'encouragement à la curiosité et à l'exploration (ex : proie plus ou moins cachée dans le terrarium après avoir réalisé une piste d'odeurs) et la sécurité du serpent (ex : séparation des serpents partageant le même enclos avant nourrissage, en particulier pour les espèces ophiophages, éviter les constriction de plusieurs serpents sur la même proie).

La distribution de nourriture peut également être l'occasion d'entraînements ou de désensibilisations (sortie de l'eau des gros serpents aquatiques par exemple, afin de faciliter les contentions, les soins ou les examens).

Environnement

Un matériel adapté sera disponible pour la réalisation des mesures au moment de l'observation (thermomètre, UV-mètre etc.) ; un protocole adapté à l'espèce sera accessible et permettra de vérifier le résultat.

Indicateur E9

Concernant l'utilisation du thermomètre laser, il faut rester prudent dans l'interprétation des résultats obtenus. Il donne une idée de la température et de son évolution, mais peut donner des résultats variables en fonction de la zone ciblée.

Indicateur E10

L'hygromètre doit être régulièrement étalonné en interne par une personne préalablement sensibilisée pour assurer une mesure fiable. Cet étalonnage devra se faire dans les plages de températures de l'environnement de l'animal.

Indicateur E11

Simple vérification olfactive, pas d'odeur désagréable et visuellement absence de moisissures.

Indicateur E12

Se référer à la fiche espèce. La qualité des lampes devra être vérifiée régulièrement.

Indicateur E13

Attention aux appareillages électriques qui peuvent générer des vibrations inaudibles à l'oreille humaine (exemple : transformateur halogène, tout type de transformateurs, générateurs de brume...)

Indicateur E24

Ci-dessous des exemples d'enrichissements :



Indicateur E28

Il faut veiller à ce que les éléments présents soient bien stabilisés ; aucun risque de chute d'objets ; en présence de grillage la taille des mailles ne doit pas permettre à l'individu de passer sa tête (risque de pendaison).

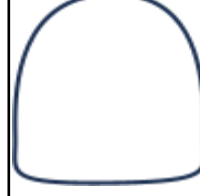
Santé

Indicateur S33

Ne seront pas pris en compte les cicatrices ou séquels qui n'ont pas d'impact sur le bien-être de l'individu

Indicateur S34

L'état d'embonpoint s'apprécie en observant la silhouette de l'animal avec une attention portée à la ligne dorsale et à la zone temporo-mandibulaire. Cet état sera à nuancer en fonction de la morphologie de l'espèce et de l'état physiologique de l'individu.

Dos + ventre	Emacié ligne des processus épineux facilement identifiable Empreint des côtes visibles Face ventrale très déprimée	Processus épineux non visible mais colonne proéminente. On devine l'empreinte des côtes Ventre légèrement concave	Dos plat ou arrondi au niveau des apophyses épineuses Ventre plat mais dépressible à la palpation	Dépôts de graisses latéraux donnant un aspect plus cylindrique. Ventre plat, dépression plus difficile à obtenir à la palpation.	- Large dos Graisse inégale avec un décrochage net au niveau de la queue est fréquemment observée. Attention a ne pas confondre avec femelle gravide ou l'on a ce type de morphologie en partie distale du corp uniquement (dernier 1/3)
Silhouette schématique d'une coupe transversale de serpent					
Zone temporo-ma ndibulaire	Démarcation tête cou très nette On devine le ligament nuchal. Yeux enfoncés	Démarcation tête cou nette Dépression au niveau de l'insertion des muscles post occipitaux	Cou plus ou moins marqué selon les espèces, mais encore nettement perceptible lors de la contention manuelle.	Région occipito-mandi bulaire d'un diamètre similaire à celui du corps. Arrête occipitale non détectable à la palpation.	Cou absent, pas de démarcation de la tête. (impression générale de microcéphalie). Attention : situation normale chez certaines espèces <i>Eunectes sp</i> par exemple

Indicateur S36

Fèces de consistance et d'apparence normales.

Les fèces des serpents sont généralement sombres, bien moulées et brillantes. La consistance est ferme sans pour autant être dure. Au moment de l'éjection elles sont précédées des grumeaux plus ou moins compacts de cristaux d'urate blanc. Ces derniers sont parfois accompagnés d'un mucus jaunâtre plus ou moins limpide.



Les serpents ne digérant pas la chitine, on peut parfois reconnaître des éléments tels que des poils ou des ongles ou des exosquelettes d'insectes.

La défécation a lieu dans les 3 à 10 jours qui suivent l'ingestion. Elle s'accompagne généralement d'une éversion brève et temporaire de la partie distale du cloaque. Chez les serpents déshydratés, les muqueuses cloacales auront tendance à adhérer aux fèces plus longtemps. Dans les cas extrêmes, cela peut conduire à un prolapsus cloacal qui mettra plusieurs minutes à se résorber et qu'il faudra parfois réduire par taxis.

Les fèces diarrhéiques présentent divers aspects allant de grumeaux noirs plus ou moins moulés éjectés au milieu d'un liquide brunâtre jusqu'à un liquide brun, jaunâtre contenant du sang dans les cas de diarrhée hémorragique.

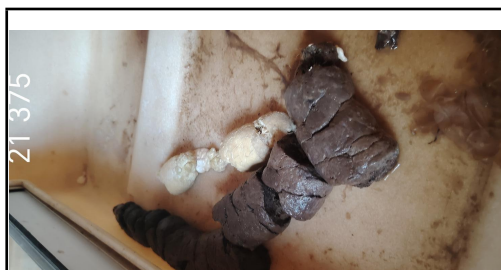


Photo prise par Samuel Martin



Photo prise par Samuel Martin

Crottes moulées normales

Crottes non moulées anormales

Informations concernant les éclairages

Note sur la qualité du photohabitat

*Néologisme utilisé pour décrire l'ensemble des paramètres liés à la qualité de l'habitat en captivité concernant la lumière et d'autres caractéristiques visuelles.

La température de couleur - Unité de mesure : Kelvin - Symbole : K

Plage de valeurs recommandée : 4 500 K à 6 500 K (journée ensoleillée)

Gradient recommandé : 2 000 K

L'indice de rendu des couleurs - Unité de mesure : Indice de rendu des couleurs - Symbole : IRC

– CRI en anglais : Color Rendering Index

Note : Le symbole "Ra" est souvent utilisé pour désigner l'Indice de Rendu des Couleurs Moyen (Average Color Rendering Index), qui est une moyenne des IRC d'échantillons de couleurs standardisées (généralement 8 ou 15). Ces échantillons, notés de R1 à R8 ou à R15, représentent une gamme variée de couleurs, telles que le rouge, le vert, le bleu, etc.

Plage de valeurs recommandée : 90 IRC à 100 IRC

Gradient recommandé : 10 IRC

Les infrarouges - Unité de mesure : degrés Celsius - Symbole : °C

IRA : ondes courtes, d'une longueur de 780 à 1.400 nanomètres (nm)

IRB : ondes moyennes de 1.400 à 3.000 nm

IRC : ondes longues de 3.000 à 1.000.000 nm

Couramment appelé « ensoleillement sans lumière »



Le rayonnement infrarouge, quel danger ?

Les IR peuvent endommager la conjonctive (ophidiens !), la cornée, la rétine et le cristallin en cas d'exposition simultanée aux ultraviolets = le risque est majoré.

- pas de réflexe palpébral* (Ophidiens !)
- particulièrement sous IRA
- IRB et IRC : brûlure de la cornée / de la lunette pré-cornéenne

Note : Les UV sont indispensables aux espèces végétariennes et insectivores. Chez les ophidiens carnivores sur proies vertébrées l'usage de matériel diffusant des UV est souvent rare.

Note sur l'apport endogène de vitamine D3 chez les ophidiens

"The effects of UV light on calcium metabolism in ball pythons (*Python regius*)" publié en septembre 2013.

Résumé des conclusions :

Cette étude visait à évaluer l'impact de la radiation UV-b sur les niveaux plasmatiques de 25-hydroxyvitamine D3 et les concentrations de calcium ionisé chez les pythons royaux (*Python regius*). Quatorze pythons, n'ayant jamais été exposés à la lumière UV-b, ont été divisés en deux groupes :

Groupe 1 : six femelles exposées quotidiennement à la radiation UV-b.

Groupe 2 : cinq mâles et trois femelles non exposés à la radiation UV-b.

Des échantillons sanguins ont été prélevés au début de l'étude et après 70 jours. Les résultats ont montré que l'exposition à la radiation UV-b n'avait pas d'effet significatif sur les niveaux plasmatiques de 25-hydroxyvitamine D3 ni sur les concentrations de calcium ionisé. Ces résultats fournissent des paramètres de référence pour de futures recherches sur cette espèce et d'autres serpents afin de déterminer leur capacité à utiliser la lumière UV-b pour la production de vitamine D.

Ref : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24068697/>

Il est intéressant de noter que des études sur d'autres espèces de serpents, comme les serpents des blés (*Elaphe guttata*), ont montré une augmentation significative des concentrations plasmatiques de 25-hydroxyvitamine D3 après exposition à la radiation UV-b.

Ref : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18241029/>

Une autre étude a été menée sur les pythons birmans (*Python bivittatus*). Cette étude a révélé que l'exposition à une radiation UV-b artificielle augmentait les concentrations plasmatiques de 25-hydroxyvitamine D3 chez ces serpents.

Ref : Bos, J. H., Klip, F. C., & Oonincx, D. G. A. B. (2018). Artificial ultraviolet B radiation raises plasma 25-hydroxyvitamin D₃ concentrations in Burmese pythons (*Python bivittatus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, 49(3), 810-812.

Ces différences suggèrent que la capacité à synthétiser la vitamine D3 via l'exposition aux UV-b peut varier entre les espèces de serpents, soulignant l'importance de recherches spécifiques pour chaque espèce.

Les ultraviolets : différentes longueurs d'ondes

UVA, UVB et UVC

Potentiellement nocif pour les êtres vivants du fait de sa haute énergie

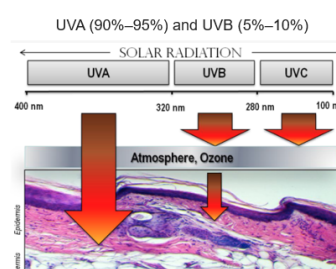
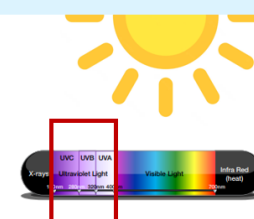
- 3 plages de valeur de rayonnement
- 3 types d'activités biologiques différents
- 3 capacités différentes de pénétration dans la peau

Les UV-A :

- 315 - 400 nm
- Chez l'humain : bronzage immédiat, vieillissement de la peau, effet cancérogène, longtemps ignoré, mais prouvé : très inférieur à celui des UV-B
- dangereux pour les yeux : 90 % des UV-A atteignent la rétine chez le nourrisson - 60 % avant l'âge de 13 ans - > 20 ans, le cristallin arrête (et subit) les UV-A presque à 100 %

Les UV-B :

- 315 - 280 nm
- Chez l'humain : bronzage à retardement, coups de soleil, favorisent le vieillissement de la peau et l'apparition de cancers cutanés
- dangereux pour les yeux : 50 % des UV-B atteignent la rétine chez le nourrisson - 75 % avant l'âge de 10 ans - Chez l'adulte, le cristallin arrête presque 80% des UV-B



Note sur les UV-A

- Les UVA (315 - 400 nm) font partie du spectre visible des reptiles.
- Identification d'individus intraspécifiques grâce à des écailles réfléchissantes aux UVA.
- Nombreuses plantes et insectes possédant une réflectance dans le spectre UVA

Comportements sociaux et niveaux d'activité accrus.
Comportement de « basking » mieux établi.
Meilleure alimentation, succès en reproduction accru.

Effets positifs sur la glande pinéale.

=

Niveau de bien-être + élevé

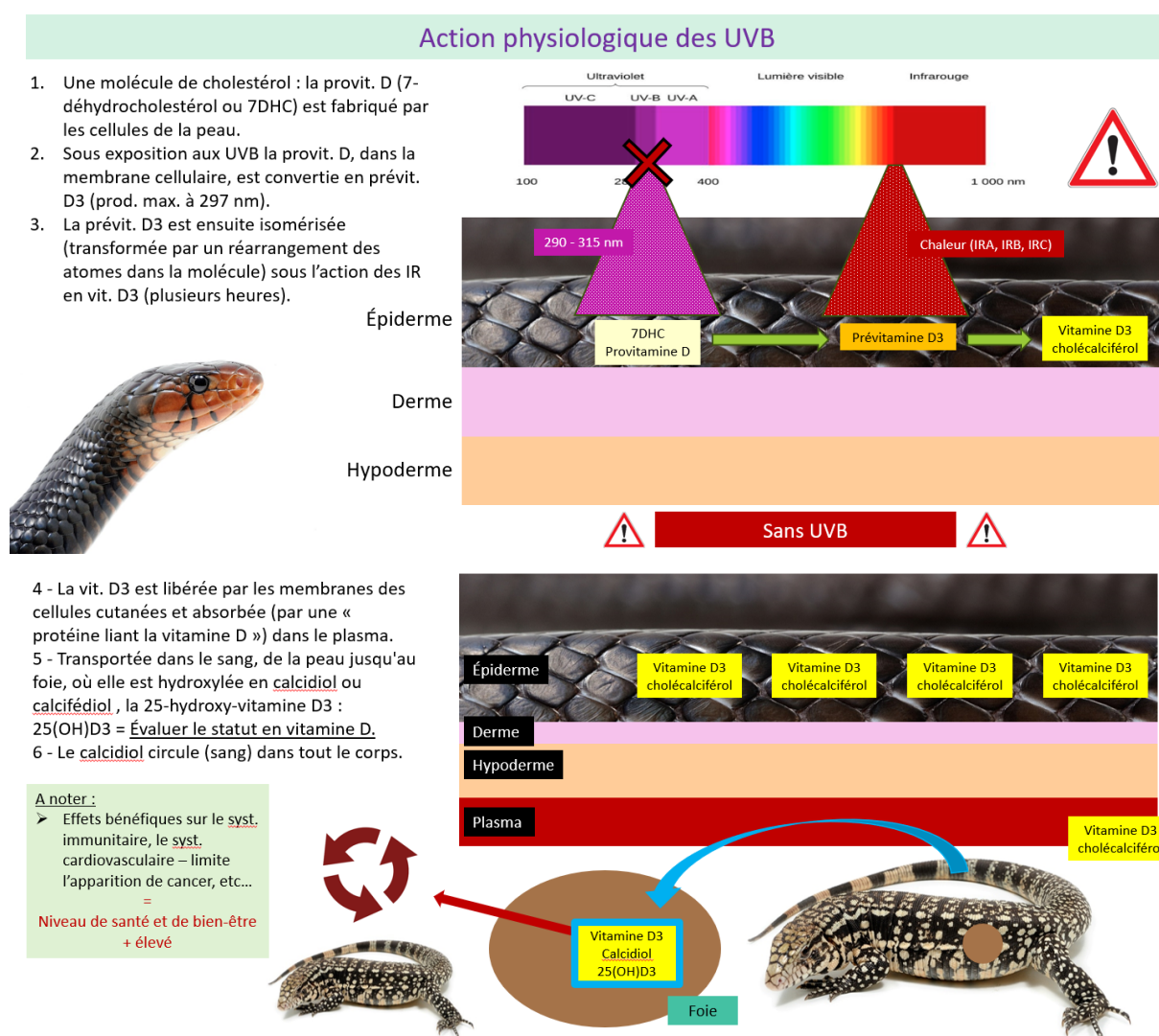
Note sur les UV-B

- Presque entièrement filtrés par le verre ordinaire et la plupart des plastiques.
- Preuves nombreuses et récentes de détection par les reptiles (visibles ou non ?).
- Permet la synthèse de la prévitamine D3 (cholécalférol) dans la peau*
- Privés d'UVB, risques de carence en vit. D (troubles métaboliques osseux)*.

Stimule la production de bêta-endorphines dans la peau humaine, entraînant ainsi une sensation de bien-être : hypothèse de processus similaire chez les reptiles

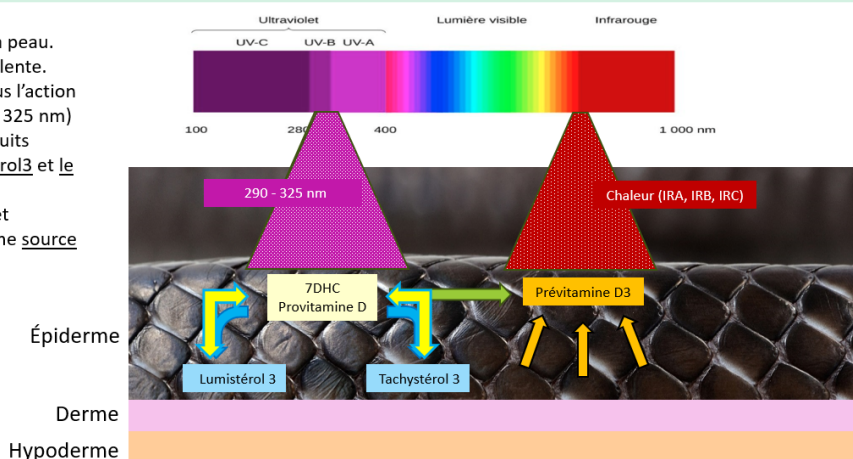
=

Niveau de bien-être + élevé



Mécanisme de « gestion » de la production : sécurité

1. Accumulation de prévit. D3 dans la peau.
2. Conversion en vit. D3 grâce aux IR lente.
3. Pas de production en surdose : sous l'action des UVA (principalement – jusqu'à 325 nm) production dans la peau de 2 produits biologiquement inactifs, le lumistérol3 et le tachystérol3.
4. Hypothèse en cours : lumisterol3 et tachystérol3 seraient utilisés comme source de préD3 (réaction réversible !).



Les zones Ferguson

En captivité, l'outil indispensable !



Sécurité de tous : GARANTIE !

Zone 1 : UVI 0,4 à 0,7 (ombre / crépusculaire – spp. diurnes* / crépusculaires)

Zone 2 : UVI 0,7 à 1,0 (soleil partiel / soleil partiel occasionnel)

Zone 3 : UVI 1,0 à 2,6 (principalement plein soleil / soleil partiel occasionnel)
TRÈS IMPORTANT : fournir un gradient UVB jusqu'à la zone 1

Zone 4 : UVI 2,6 à 3,5 (forte exposition)
TRÈS IMPORTANT : fournir un gradient UVB jusqu'à la zone 1



A gauche : SolarMeter 6.2R Reptile UVB Lamp Meter / A droite : SolarMeter 6.5R Reptile UV Index Meter

UVB-mètre (à gauche) : Mesure la densité de puissance des UVB sur toute la gamme de longueurs d'onde (280 – 320 nm) en microwatts par centimètre carré ($\mu\text{W} / \text{cm}^2$).

Indice UV-mètre (à droite) : Donne une lecture précise et sensible de l'intensité du rayonnement UV en indice de référence de 0 à 199,9 UVI (UV Index).

Tableau comparatif de différentes technologies de chauffage / éclairage

Attention : il est fortement recommandé de contrôler régulièrement les lampes avec un UV-mètre (pour les rayonnements B et C)

Lexique :

LV = Lumière visible

IR = Infrarouges

UVA = Ultraviolets A

UVB = Ultraviolets B

IRC = Indice de rendu des couleurs

K = Kelvin

Type de technologie / matériel	LV*	IR	UVA	UVB	IRC	K
Ampoule incandescente à	OUI	OUI	Pas tout le spectre	NON	> 90	2500 à 3000

filament de tungstène (spot)						
Ampoule incandescente à filament de tungstène + halogène (spot halogène)	OUI	OUI	Pas tout le spectre	NON	> 90	2500 à 3000
Ampoule luminescente HID - « high intensity discharge » - Décharge haute pression - à vapeur de mercure - (HID auto-ballastée)	OUI	OUI	OUI	OUI	< 60	3000 à 8000 (Rarement 5000 à 5500)
Ampoule luminescente HID - « high intensity discharge » - Décharge haute pression - halogénures métalliques ou iodures métalliques « Metal Halide » (vapeur de mercure + sodium)	OUI	OUI	OUI	OUI	> 65 et jusqu'à 90	4000 à 6500 (Rarement 5000 à 5500)
Ampoule linéaire luminescente à fluorescence - tubes fluorescents (ampoule fluorescente linéaire) T5	OUI	NON	OUI	OUI	> 80	> 6500
Ampoule luminescente à fluorescence - ampoule fluorescente compacte - Les « fluocompacte » - LFC ou CFL (Compact Fluorescent Lamp)	OUI	NON	OUI	OUI	> 80	3500 à 6500
Luminescence électroluminescente -LED (Light-Emitting Diode) - DEL (Diode électro luminescente) – SANS UV	OUI	NON	NON	NON	> 80 parfois > 90	Toutes les plages donc 5500 K possible
Luminescence électroluminescente -LED (Light-Emitting Diode) - DEL (Diode	OUI	NON	Pas tout le spectre	OUI	> 90	6500 à 9000

électro luminescente) – AVEC UV						
Ampoule céramique	NON	OUI	NON	NON	Sans objet	Sans objet
Ampoule à résistance	NON	OUI	NON	NON	Sans objet	Sans objet

Type de technologie / matériel	Points positifs	Points négatifs
Ampoule incandescente à filament de tungstène (spot)	- Peu coûteuse (technologie la moins chère du marché) - Atteint rapidement sa performance maximale (pas de préchauffage) - Excellent indice de rendu des couleurs - Excellent rayonnement IR - Produit > 90 % d'IR - Produit < 10% de lumière	- Durée de vie courte - Fragile - Produit > 90 % d'IR - Majorité non conforme aux nouvelles normes d'efficacité énergétique - Produit < 10% de lumière - Consommation d'énergie très élevée - Diffuse peu d'UVA - Ne diffuse pas d'UVB (*mais n'est pas acheté pour ça !)
Ampoule incandescente à filament de tungstène + halogène (spot halogène)	- Peu coûteuses - Atteint rapidement sa performance maximale (pas de préchauffage) - Excellent indice de rendu des couleurs - Excellent rayonnement IR - Produit > 90 % d'IR - Parfois « waterproof » - Moins fragile que l'ampoule sans halogène	- Durée de vie courte mais plus longue que l'ampoule sans halogène - Produit > 90 % d'IR - Majorité non conforme aux nouvelles normes d'efficacité énergétique - Produit < 10% de lumière - Consommation d'énergie élevée - Diffuse peu d'UVA - Ne diffuse pas d'UVB (*mais n'est pas acheté pour ça !)
Ampoule lumineuse HID - « high intensity discharge » - Décharge haute pression - à vapeur de mercure - (HID auto-ballastée)	- Fournit des IR - Fournit des UVA - Fournit des UVB	- Mauvais IRC - Consommation d'énergie élevée - S'utilise uniquement à la verticale - Pas de contrôle des risques - Énergivore et polluante - Faisceau resserré et arc visible - Pas de phosphore MAIS rendu vert / bleu légèrement amélioré si poudrée - Nécessite un Indice UV-mètre
Ampoule lumineuse HID - « high intensity discharge » - Décharge haute pression -	- Fournit des IR - Fournit des UVA - Fournit des UVB - Bon IRC - Peut s'incliner jusqu'à 45°	- Nécessite un ballast - Pas de contrôle des risques - Énergivore et polluante - Faisceau resserré et arc visible - Nécessite un Indice UV-mètre

halogénures métalliques ou iodures métalliques « Metal Halide » (vapeur de mercure + sodium)	- Meilleur rendu lumineux que l'ampoule à vapeur de mercure	
Ampoule linéaire lumineuse à fluorescence - tubes fluorescents (ampoule fluorescente linéaire) T5	- Moins dangereux que les technologies précédentes - Fournit des UVA et des UVB - Peut couvrir de larges surfaces - Ne fournit pas d'IR - Faible luminosité	- Nécessite un ballast (généralement contenu dans le support) - Ne fournit pas d'IR - Faible luminosité - Usure du phosphore rapide
Ampoule lumineuse à fluorescence - ampoule fluorescente compacte - Les « fluocompacte » - LFC ou CFL (Compact Fluorescent Lamp)	- Moins dangereux que les technologies précédentes - Fournit des UVA et des UVB - Faible consommation d'énergie - Ballast intégré au culot - Tarif abordable	- Ne fournit pas d'IR - Faible luminosité - Usure du phosphore rapide - Problèmes dus à certaines conceptions (dépôts de phosphore délétères) - Ne couvre pas de large surface
Luminescence électroluminescente -LED (Light-Emitting Diode) - DEL (Diode électro lumineuse) – SANS UV	- Pas / peu d'IR - Ne fournit ni UVA ni UVB - Rapport coûts / bénéfices parfois encore trop élevé - Alimentation parfois particulière - Performance des produits complètement hétérogène - Si puissance élevée (combinaison) nécessite d'être refroidie	- Peu dangereux (attention à la puissance) - Excellent spectre (proche de la lumière naturelle) - Spectre ajustable et réglable (gradation possible) - Peut couvrir de larges surfaces - Très faible consommation d'énergie - Si adapté améliore grandement le photohabitat - Pas d'IR = matériaux autres que le verre étanches et incassables - Généralement fabriquées à partir de matériaux non toxiques - Atteint rapidement sa performance maximale (pas de préchauffage)
Luminescence électroluminescente -LED (Light-Emitting Diode) - DEL (Diode électro lumineuse) – AVEC UV	- Fournit des UVA mais pas tout le spectre - Fournit des UVB - Bon IRC et bonne T° de couleur - Faible consommation d'énergie - Émission d'UV sur plusieurs années (2 à 4 ans)	- Pas d'IR - Très faible luminosité - Intégralité de la plage UVA non couverte - Couvre une toute petite surface
Ampoule céramique	- Prix abordables - Durée de vie imbattable	- Peut assécher l'air selon l'aménagement dans l'habitat

	- Peut s'utiliser avec un thermostat contrairement aux technologies qui produisent de la lumière - Consommation d'énergie maîtrisée - Ne fournit ni UVA ni UVB ni lumière visible	- Très hautes températures doit être sécurisé - Ne fournit ni UVA ni UVB ni lumière visible
Ampoule à résistance	- Prix abordables - Durée de vie imbattable - Peut s'utiliser avec un thermostat contrairement aux technologies qui produisent de la lumière - Consommation d'énergie maîtrisée - Ne fournit ni UVA ni UVB ni lumière visible	- Peut assécher l'air selon l'aménagement dans l'habitat - Très hautes températures doit être sécurisé - Ne fournit ni UVA ni UVB ni lumière visible

Ressources bibliographiques :

Alimentation / nutrition

- Chappell, M.A., and T.M. Ellis. 1987. Resting metabolic rates in boid snakes: allometric relationships and temperature effects. *J Comp Physiol B* 157:227–235. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00692367>
- Ensminger, D.C., A. Salvador-Pascual, B.G. Arango, K.N. Allen, and J.P. Vázquez-Medina. 2021. Fasting ameliorates oxidative stress: A review of physiological strategies across life history events in wild vertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 256:110929. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.110929>
- Gimmel, A., S. Öfner, and A. Liesegang. Body condition scoring (BCS) in corn snakes (*Pantherophis guttatus*) and comparison to pre-existing body condition index (BCI) for snakes. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* n/a. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.13291>
- Henderson, R.W., and M.J. Pauers. 2012. On the Diets of Neotropical Treeboas (*Squamata: Boidae: Corallus*)1. *South American Journal of Herpetology* 7:172–180. DOI: <https://doi.org/10.2994/057.007.0207>
- Krinsky, N.I. 1994. The biological properties of carotenoids. *Pure and Applied Chemistry* 66:1003–1010. DOI: <https://doi.org/10.1351/pac199466051003>
- Lillywhite, H.B. 2017. Feeding begets drinking: insights from intermittent feeding in snakes. *J Exp Biol* 220:3565–3570. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.163725>
- Madsen, T., and R. Shine. 2000. Silver spoons and snake body sizes: prey availability early in life influences long-term growth rates of free-ranging pythons. *Journal of Animal Ecology* 69:952–958. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2000.00477.x>
- Ott, B.D., and S.M. Secor. 2007. Adaptive regulation of digestive performance in the genus *Python*. *Journal of Experimental Biology* 210:340–356. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.02626>
- Peig, J., and A.J. Green. 2009. New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos* 118:1883–1891. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17643.x>
- Starck, J.M., P. Moser, R.A. Werner, and P. Linke. 2004. Pythons metabolize prey to fuel the response to feeding. *Proc. Biol. Sci.* 271:903–908. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2681>
- Price, E.R. 2017. The physiology of lipid storage and use in reptiles. *Biol Rev* 92:1406–1426. DOI: <https://doi.org/10.1111/brev.12288>
- SCHILLIGER, L. 2000. Alimentation des reptiles et dominantes pathologiques d'origine nutritionnelle. *Revue de Médecine Vétérinaire* 151:1107–1118.
- Wood, M.E., and G.D. Ruxton. 2025. A model of optimal digestive strategy in infrequently-feeding snakes. *Evol Ecol* DOI: <https://doi.org/10.1007/s10682-024-10328-x>

Santé

- Alirand, M. 2019. Physiologie et pathologie de la mue chez les reptiles captifs. *Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse – ENVT*. 88 pp.

- Aubret, F., G. Blanvillain, and P.J.R. Kok. 2015. Myth busting? Effects of embryo positioning and egg turning on hatching success in the water snake *Natrix maura*. *Scientific Reports* 5. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep13385>
- Campagner, M.V., S.M.G. Bosco, E. Bagagli, M.L.R.S. Cunha, B.C. Jeronimo, E. Saad, N.P. Biscola, R.S. Ferreira, and B. Barraviera. 2012. Microbiological Evaluation of Different Strategies for Management of Snakes in Captivity. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 75:1070–1080. DOI: <https://doi.org/10.1080/15287394.2012.697837>
- Falk, B.G., R.W. Snow, and R.N. Reed. 2017. A validation of 11 body-condition indices in a giant snake species that exhibits positive allometry. *PLOS ONE* 12:e0180791. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180791>
- Johnson, J.G., and M.K. Watson. 2020. Diseases of the Reptile Renal System. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice* 23:115–129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2019.08.006>
- Schilliger, L., C. Paillusseau, C. François, and J. Bonwitt. 2023. Major Emerging Fungal Diseases of Reptiles and Amphibians. *Pathogens* 12:429. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens12030429>
- Schilliger, L.H., D. Morel, J.H. Bonwitt, and O. Marquis. 2013. *Cheyletus eruditus* (taurus®): an effective candidate for the biological control of the snake mite (*ophionyssus natricis*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 44:654–659. DOI: <https://doi.org/10.1638/2012-0239R.1>

Thermorégulation

- Anderson, N.L., T.E. Hetherington, B. Coupe, G. Perry, J.B. Williams, and J. Lehman. 2005. Thermoregulation in a Nocturnal, Tropical, Arboreal Snake. *Journal of Herpetology* 39:82–90. DOI: [https://doi.org/10.1670/0022-1511\(2005\)039\[0082:TIANTA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1670/0022-1511(2005)039[0082:TIANTA]2.0.CO;2)
- Angilletta, M.J., P.H. Niewiarowski, and C.A. Navas. 2002. The evolution of thermal physiology in ectotherms. *Journal of Thermal Biology* 27:249–268. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0306-4565\(01\)00094-8](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(01)00094-8)
- Bryant, G.L., S.J. Dundas, and P.A. Fleming. 2012. Tree hollows are of conservation importance for a Near-Threatened python species. *Journal of Zoology* 286:81–92. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00852.x>
- Díaz-Ricaurte, J.C., F.C. Serrano, and M. Martins. 2022. VTM_{AX}HERP : A data set of voluntary thermal maximum temperatures of amphibians and reptiles from two BRAZILIAN hotspots. *Ecology* 103. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecy.3602>
- Kane, D., H. Stapleton, T. Griffiths, and C.J. Michaels. 2023. Effects of different heat and light sources on the behaviour of captive reptiles. *HB* 1–9. DOI: <https://doi.org/10.33256/hb166.19>
- Pike, D.A., and J.C. Mitchell. 2013. Burrow-dwelling ecosystem engineers provide thermal refugia throughout the landscape: Burrows as thermal refugia. *Animal Conservation* 16:694–703. DOI: <https://doi.org/10.1111/acv.12049>
- Rozen-Rechels, D., A. Dupoué, O. Lourdaïs, S. Chamaillé-Jammes, S. Meylan, J. Clobert, and J. Le Galliard. 2019. When water interacts with temperature: Ecological and evolutionary implications of thermo-hydrorégulation in terrestrial ectotherms. *Ecol Evol* 9:10029–10043. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5440>

Stuart-Fox, D., E. Newton, and S. Clusella-Trullas. 2017. Thermal consequences of colour and near-infrared reflectance. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 372:20160345. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0345>

Taylor, E.N., L.M. Diele-Viegas, E.J. Gangloff, ... R.S. Telemeco. 2020. The thermal ecology and physiology of reptiles and amphibians: A user's guide. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* n/a:1–32. DOI: <https://doi.org/10.1002/jez.2396>

UVb (généralités)

Baines, F.M., J. Chattell, J. Dale, D. Garrick, I. Gill, M. Goetz, T. Skelton, and M. Swatman. 2016. How much UVB does my reptile need? The UV-Tool, a guide to the selection of UV lighting for reptiles and amphibians in captivity. *Journal of Zoo and Aquarium Research* 4:42–63.

Lindgren, J., W.H. Gehrmann, G.W. Ferguson, and J.E. Pinder. 2008. Measuring effective vitamin D3-producing ultraviolet B radiation using Solartech's Solarmeter 6.4 handheld, UVB radiometer. *Bull Chicago Herpetol Soc* 43:57–62.

Wunderlich, S., T. Griffiths, and F. Baines. 2023. UVB-emitting LEDs for reptile lighting: Identifying the risks of nonsolar UV spectra. *Zoo Biology* zoo.21806. DOI: <https://doi.org/10.1002/zoo.21806>

Ferguson, G.W., A.M. Brinker, W.H. Gehrmann, S.E. Bucklin, F.M. Baines, and S.J. Mackin. 2009. Voluntary exposure of some western-hemisphere snake and lizard species to ultraviolet-B radiation in the field: how much ultraviolet-B should a lizard or snake receive in captivity? *Zoo Biology* 29:317–334. DOI: <https://doi.org/10.1002/zoo.20255>

Bien-être (généralités)

Bartolomé, A., P. Carazo, and E. Font. 2023. Environmental enrichment for reptiles in European zoos: Current status and perspectives. *Anim. welf.* 32:e48. DOI: <https://doi.org/10.1017/awf.2023.43>

Benn, A., D. McLelland, and A. Whittaker. 2019. A Review of Welfare Assessment Methods in Reptiles, and Preliminary Application of the Welfare Quality® Protocol to the Pygmy Blue-Tongue Skink, *Tiliqua adelaidensis*, Using Animal-Based Measures. *Animals* 9:27. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9010027>

Burghardt, G.M. 2015. Play in fishes, frogs and reptiles. *Current Biology* 25:R9–R10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.10.027>

Carbajal, A., P. Serres-Corral, S. Olvera-Maneu, and M. López-Béjar. 2024. Non-invasive measurement of glucocorticoids: The reptile perspective. *Journal of Zoology* n/a. DOI: <https://doi.org/10.1111/jzo.13157>

Edwards, K.L., A.N. Edes, and J.L. Brown. 2019. Stress, Well-Being and Reproductive Success. Pp. 91–162 in *Reproductive Sciences in Animal Conservation* (P. Comizzoli, J.L. Brown, and W.V. Holt, eds.). Springer International Publishing, Cham.

Kuppert, S. 2013. Providing enrichment in captive amphibians and reptiles: is it important to know their communication? George Mason University, USA.

Lambert, Carder, and D'Cruze. 2019. Given the Cold Shoulder: A Review of the Scientific Literature for Evidence of Reptile Sentience. *Animals* 9:821. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9100821>

Learmonth, M.J. 2020. The Matter of Non-Avian Reptile Sentience, and Why It “Matters” to Them: A Conceptual, Ethical and Scientific Review. *Animals* 10:901. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10050901>

- Maple, T., and B.M. Perdue. 2013. Zoo Animal Welfare. 14. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- Martínez Silvestre, A. 2014. How to Assess Stress in Reptiles. *Journal of Exotic Pet Medicine* 23:240–243. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2014.06.004>
- Moszuti, S.A., A. Wilkinson, and O.H.P. Burman. 2017. Response to novelty as an indicator of reptile welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 193:98–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.03.018>
- Norton, B.G. (ed.). 1995. *Ethics on the ark: zoos, animal welfare, and wildlife conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington. 330 pp.
- Roth, T.C., A.R. Krochmal, and L.D. LaDage. 2019. Reptilian Cognition: A More Complex Picture via Integration of Neurological Mechanisms, Behavioral Constraints, and Evolutionary Context. *BioEssays* 41:1900033. DOI: <https://doi.org/10.1002/bies.201900033>
- Warwick, C., P. Arena, S. Lindley, M. Jessop, and C. Steedman. 2013. Assessing reptile welfare using behavioural criteria. *In pract.* 35:123–131. DOI: <https://doi.org/10.1136/inp.fl197>
- Warwick, C., P.C. Arena, and G.M. Burghardt (eds.). 2023. *Health and Welfare of Captive Reptiles*. Springer International Publishing, Cham.
- Warwick, C., F.L. Frye, and J.B. Murphy (eds.). 2001. *Health and Welfare of Captive Reptiles*. Softcover reprint of the original 1st ed. 1995 edition. Springer, Dordrecht. 299 pp.
- Whittaker, A.L., B. Golder-Dewar, J.L. Triggs, S.L. Sherwen, and D.J. McLelland. 2021. Identification of Animal-Based Welfare Indicators in Captive Reptiles: A Delphi Consultation Survey. *Animals* 11:2010. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11072010>
- Wilkinson, S.L. 2015. Reptile Wellness Management. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice* 18:281–304. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2015.01.001>
- Wolfensohn, S., J. Shotton, H. Bowley, S. Davies, S. Thompson, and W. Justice. 2018. Assessment of Welfare in Zoo Animals: Towards Optimum Quality of Life. *Animals* 8:110. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani8070110>

Bien-être / comportement (serpents)

- Almli, L.M., and G.M. Burghardt. 2006. Environmental Enrichment Alters the Behavioral Profile of Ratsnakes (Elaphe). *Journal of Applied Animal Welfare Science* 9:85–109. DOI: https://doi.org/10.1207/s15327604jaws0902_1
- Aubret, F., F. Bignon, P.J.R. Kok, and G. Blanvillain. 2016. Only child syndrome in snakes: Eggs incubated alone produce asocial individuals. *Scientific Reports* 6. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep35752>
- Aubret, F., G. Blanvillain, F. Bignon, and P.J.R. Kok. 2016. Heartbeat, embryo communication and hatching synchrony in snake eggs. *Scientific Reports* 6. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep23519>
- Bonnet, X., G. Naulleau, and R. Shine. 1999. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89:39–50. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(98\)00140-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(98)00140-2)
- Christensen, C.B., J. Christensen-Dalsgaard, C. Brandt, and P.T. Madsen. 2012. Hearing with an atympanic ear: good vibration and poor sound-pressure detection in the royal python, *Python regius*. *Journal of Experimental Biology* 215:331–342. DOI: <https://doi.org/10.1242/jeb.062539>

- Holding, M.L., J.A. Frazier, S.W. Dorr, ... E.N. Taylor. 2014. Wet- and Dry-Season Steroid Hormone Profiles and Stress Reactivity of an Insular Dwarf Snake, the Hog Island Boa (*Boa constrictor imperator*). *Physiological and Biochemical Zoology* 87:363–373. DOI: <https://doi.org/10.1086/675938>
- Hollandt, T., M. Baur, and A.-C. Wöhr. 2021. Animal-appropriate housing of ball pythons (*Python regius*)—Behavior-based evaluation of two types of housing systems. *PLoS ONE* 16:e0247082. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247082>
- Kapfer, J.M., C.W. Pekar, D.M. Reineke, J.R. Coggins, and R. Hay. 2010. Modeling the relationship between habitat preferences and home-range size: a case study on a large mobile colubrid snake from North America. *Journal of Zoology* 282:13–20. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2010.00706.x>
- Krishnan, S., E. Klaphake, S. Rao, and M.J. Sadar. 2022. The effect of varied enrichment types on snake behavior. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine* 53. DOI: <https://doi.org/10.1638/2020-0031>
- Nagabaskaran, G., M. Skinner, and N. Miller. 2022. Western Hognose Snakes (*Heterodon nasicus*) Prefer Environmental Enrichment. *Animals* 12:3347. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani12233347>
- Roe, J.H., M.R. Frank, and B.A. Kingsbury. 2015. Experimental evaluation of captive-rearing practices to improve success of snake reintroductions. *Herpetological Conservation and Biology* 10:711–722.
- Rose, M.P., and D.L. Williams. 2014. Neurological dysfunction in a ball python (*Python regius*) colour morph and implications for welfare. *Journal of Exotic Pet Medicine* 23:234–239. DOI: <https://doi.org/10.1053/j.jepm.2014.06.002>
- Spain, M., G. Fuller, and S. Allard. 2020. Effects of Habitat Modifications on Behavioral Indicators of Welfare for Madagascar Giant Hognose Snakes (*Leioheterodon madagascariensis*). *AB&C* 7:70–81. DOI: <https://doi.org/10.26451/abc.07.01.06.2020>
- Waeyenberge, J.V., J. Aerts, T. Hellebuyck, F. Pasmans, and A. Martel. 2018. Stress in wild and captive snakes: quantification, effects and the importance of management. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 7.
- Warwick, C., P. Arena, and C. Steedman. 2019. Spatial considerations for captive snakes. *Journal of Veterinary Behavior* 30:37–48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jveb.2018.12.006>