

Programme Européen pour les Espèces menacées (EEP) - Gypaète barbu Protocole pour l'incubation artificielle et l'élevage des poussins en captivité

Par A. Llopis

Centre de Fauna Vallcalent, Ptda. Vallcalent 65, 25199 Lleida, Spain.

Mobile +34 657 47 3378 a.llopis@4vultures.org

Traduit par Asters-CEN74

1^{ère} version - Février 2024

INDEX

INTRODUCTION.....	3
PROTOCOLE POUR L'INCUBATION ARTIFICIELLE ET L'ÉLEVAGE DES POUSSINS EN CAPTIVITÉ..	5
1. EXPÉRIENCES PASSÉES.....	5
2. CONTROLE DU POUSSIN AU NID.....	9
2.1. Contrôle du poussin au nid après une éclosion naturelle, particulièrement dans le cas des parents inexpérimentés.....	12
2.2. Assistance humaine à l'éclosion pour les œufs incubés jusqu'au terme par les parents...	13
3. INCUBATION ARTIFICIELLE.....	14
3.1. Protocole.....	15
3.2. Contrôle de l'œuf.....	21
3.3. Développement de l'embryon.....	27
3.4. Assistance humaine à l'éclosion.....	32
4. ÉLEVAGE A LA MAIN DURANT LA 1 ^{ère} SEMAINE.....	35
5. ADOPTION.....	41
5.1. 1^{ère} option.....	41
5.1.1. Adoption simple.....	41
5.1.2. Adoption multiple.....	43
5.2. Autres options.....	45
5.2.1. Utilisation de la « nest-box »	46
5.2.2. Cas des doubles ou triples adoptions.....	49
6. QUALITÉ ET QUANTITÉ DE NOURRITURE UTILISÉE DURANT L'ÉLEVAGE DES POUSSINS.....	52
6.1. Qualité de la nourriture donnée durant l'élevage des poussins.....	52
6.2. Quantité de nourriture donnée durant l'élevage des poussins.....	54
BIBLIOGRAPHIE.....	56



REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier l'ancienne équipe du centre d'élevage de Guadalentín, Antonio Lucio Carrasco, Alfonso Godino, Fernando Bautista, Manuel del Barco et Elena Macías, pour leur patience et leur dévouement. Sans eux, il n'aurait pas été possible de réaliser une étude sur l'incubation et de développer de nouveaux protocoles d'incubation artificielle. En outre, la nouvelle équipe du centre d'élevage de Vallcalent, Raquel Gómez et Albert Porté, et moi-même avons commencé à tester le protocole avec d'autres espèces d'oiseaux avant de l'appliquer au Gypaète barbu.

Je remercie également Hans Frey, directeur technique du Richard Faust Zentrum - siège de l'EEP Gypaète barbu - et ancien coordinateur de l'EEP Gypaète barbu, et Francisco Rodríguez, directeur technique du centre d'élevage Centro de Cría Guadalentín, pour leurs nombreuses contributions et conseils qui ont permis d'améliorer considérablement ce document.

Et surtout, merci à Chandra David qui travaille sur le Condor de Californie au zoo de Los Angeles, pour les heures qu'elle a passées à réviser le texte, à échanger avec moi son expérience du programme d'élevage en captivité du Condor de Californie et à rendre le document beaucoup plus compréhensible.

INTRODUCTION

Le réseau international d'élevage du Gypaète barbu (EEP : European Endangered Species Programme) est une collaboration entre des zoos et des institutions similaires, des centres d'élevage et des partenaires privés. Entre 1978 et 2023, 673 jeunes Gypaètes barbuis ont été élevés avec succès dans le cadre du programme. Les jeunes nés en captivité sont destinés à des projets de réintroduction/renforcement des populations en Europe - dans les Alpes, en Andalousie, dans les Grands Causses, en Corse et dans le Maestrazgo-Els Ports. En collaboration avec la Fondation pour la Conservation des Vautours (VCF : Vulture Conservation Foundation), le but ultime du programme est d'établir une métapopulation européenne de Gypaètes barbuis, en créant un flux génétique entre les populations autochtones isolées existantes en Europe (dans les Pyrénées, en Corse et en Crète) et les populations d'Afrique du Nord et d'Asie.

Entre 1978 et 2023, il y a eu 1161 couvées, dont un minimum de 632 ou un maximum de 668 étaient des doubles pontes, puisque dans 36 cas la taille de la couvée n'a pas pu être déterminée. Cela signifie que 54,4% à 57,5% de toutes les couvées ont été des doubles pontes. Cependant, il est bien connu que les poussins de Gypaètes barbuis ont un comportement agressif lorsqu'ils sont dans le nid, ce qui entraîne la mort du plus jeune de la couvée. C'est Heinroth (1927) qui a décrit pour la première fois la mort du deuxième poussin de Gypaète barbu dans la nature. Mais il l'a attribuée au même comportement que celui qu'il avait observé chez les milans et les buses sauvages. Ce n'est que bien plus tard, grâce aux observations effectuées à l'Alpenzoo d'Innsbruck, que la cause de la mort du plus jeune poussin a été déterminée. Le poussin le plus âgé donne des coups de bec et s'accroche à tout ce qui bouge et essaie de l'avaloir à chaque fois qu'il est nourri. Ceci entraîne la mort du plus jeune poussin, d'une part parce qu'il est contraint de rester dans un coin du nid où il ne peut pas se nourrir et d'autre part à cause des blessures reçues suite aux attaques de son aîné (Thaler & Pechlaner, 1979, 1980). Grâce à ces observations, Thaler *et al.* ont pu déterminer en 1986 que ce comportement appelé « caïnisme » est inné (« obligatoire »), car il est indépendant du niveau de satiété du poussin et est plus prononcé 5-20 jours après l'éclosion. Par conséquent, pour toutes les raisons susmentionnées, l'incubation et l'élevage artificiels sont utilisés pour prévenir le comportement de caïnisme.

En règle générale, en cas de double ponte, la totalité de la couvée ou le deuxième œuf est retiré du nid avant l'éclosion. Les poussins qui en résultent sont ensuite rendus à leurs parents biologiques ou confiés à des parents adoptifs afin qu'ils puissent être élevés de manière naturelle et éviter l'imprégnation à l'Homme.

Mais il existe également d'autres situations qui nécessitent le recours à l'incubation et à l'élevage artificiels des poussins. C'est le cas, par exemple, des oiseaux souffrant de handicaps physiques qui ne sont pas en mesure d'incuber correctement la couvée, ou des couples qui n'incubent pas bien pour diverses raisons, ainsi que des oiseaux ayant des problèmes de comportement qui peuvent conduire à une manipulation inappropriée des œufs ou des poussins. Il s'agit d'un comportement très typique observé chez les oiseaux qui n'ont pas été élevés naturellement et qui peut endommager les œufs ou entraîner la mort du poussin. Enfin, des perturbations externes peuvent entraîner des interruptions de l'incubation, ce qui oblige à retirer la couvée et à incuber artificiellement le(s) œuf(s).

Il arrive qu'il y ait plus de poussins que de parents, ce qui oblige certains couples à élever deux poussins en même temps. En raison du comportement de « cainisme », il n'est pas possible d'adopter plus d'un poussin dans le même nid. Il est alors nécessaire d'utiliser différentes techniques d'élevage pour garantir un élevage naturel.

Comportement de cainisme des poussins de Gypaète barbu :

Ce comportement inné (« obligatoire ») des poussins de moins d'un mois ne peut être observé que lorsqu'ils sont éveillés. A cet âge, ils sont actifs environ 5% du temps, le reste du temps ils dorment. Dès qu'ils sont éveillés, surtout à cause de la faim, la présence d'autres poussins les incite à réagir de manière agressive. Ce n'est pas pour rien que pendant leur sommeil, il est possible de garder deux poussins ensemble dans le même nid et de les faire couvrir par un seul adulte (voir photo ci-dessous).



Mais dès qu'ils se réveillent à cause de la faim, ils changent complètement d'attitude, attaquant tout ce qui bouge devant eux (voir photo suivante). Ils ne s'apaisent que lorsque l'un d'entre eux disparaît.



PROTOCOLE POUR L'INCUBATION ARTIFICIELLE ET L'ÉLEVAGE DES POUSSINS EN CAPTIVITÉ

1. EXPÉRIENCES PASSÉES

Chez les rapaces, il est reconnu que le succès de l'éclosion dépend de la méthode d'incubation. Chez le Faucon pèlerin et le Pygargue à tête blanche, en incubation naturelle - indépendamment du fait que ce soient les parents biologiques, des parents adoptifs ou une poule qui incubent - le taux d'éclosion à partir d'œufs fertiles est respectivement de 84% et 81% (Cade et al., 1977 ; Carpenter et al., 1987). En revanche, si les œufs sont incubés artificiellement dès le jour de la ponte, le taux d'éclosion est plus bas et la plupart des embryons meurent pendant la première phase de l'incubation ou pendant l'éclosion. Par conséquent, il est recommandé d'incuber les œufs naturellement pendant au moins un tiers de la période d'incubation pour obtenir un taux d'éclosion élevé (Carpenter *et al.*, 1987 ; Cade *et al.*, 1977 ; Gilbert *et al.*, 1981 ; Kuehler & Good, 1999).

Dans le cas du Gypaète barbu, au début du programme international d'élevage en captivité, par manque de connaissances ou de couples d'accueil, quelques oiseaux ont été élevés à la main pendant une période plus longue que celle qui est actuellement recommandée. Ceci a entraîné des problèmes de comportement dans la biologie de la reproduction une fois la maturité sexuelle atteinte. Ces altérations de comportement ont rendu nécessaire l'enlèvement de la ponte pour l'offrir à un autre couple reproducteur qui couvait déjà, autrement il a fallu incuber les œufs artificiellement. Malheureusement, seuls les œufs adoptés par un autre couple ont éclos. Or, il n'y a pas toujours de couples disponibles pouvant adopter les œufs, d'où la nécessité de rechercher comment améliorer l'incubation artificielle. Dans ce but, pendant son séjour au centre d'élevage de Guadalentín (Andalousie), l'auteur a réalisé avec l'ancien personnel du centre une série d'études comparatives avec un couple mâle/femelle, un couple de mâles et un mâle incubant seul. L'objectif était de déterminer les paramètres responsables d'un développement réussi de l'embryon. Plus de 10.000 heures d'observation pendant six saisons de reproduction ont été analysés, pendant lesquelles le nombre d'interruptions d'incubation par heure et la durée de chaque interruption, de jour comme de nuit, ont été notés. Ces observations ont permis de conclure que les variations quotidiennes du temps de non-incubation, du nombre d'interruptions et de leur durée suivaient un schéma distinct.

Dans le cas du mâle seul, une fois que celui-ci a accepté l'œuf immédiatement après qu'il ait été pondu/offert, au début et en comparaison avec le couple mâle/femelle, les interruptions ont été plus courtes et le pourcentage de temps non consacré à l'incubation a été plus faible (voir figure 1). Au fil du temps, le mâle a montré des signes croissants d'épuisement puisqu'il n'a jamais été relevé de son rôle dans l'incubation de l'œuf et la durée moyenne des interruptions a commencé à augmenter progressivement (0,55-3,91 minutes). Par conséquent, le temps moyen non consacré à l'incubation a également augmenté (2,87%-15,58%). Cependant, le nombre d'interruptions par heure est resté très stable entre 1,80 et 3,83 interruptions/heure ; la moyenne étant de 2,6 interruptions/heure (voir figure 2).

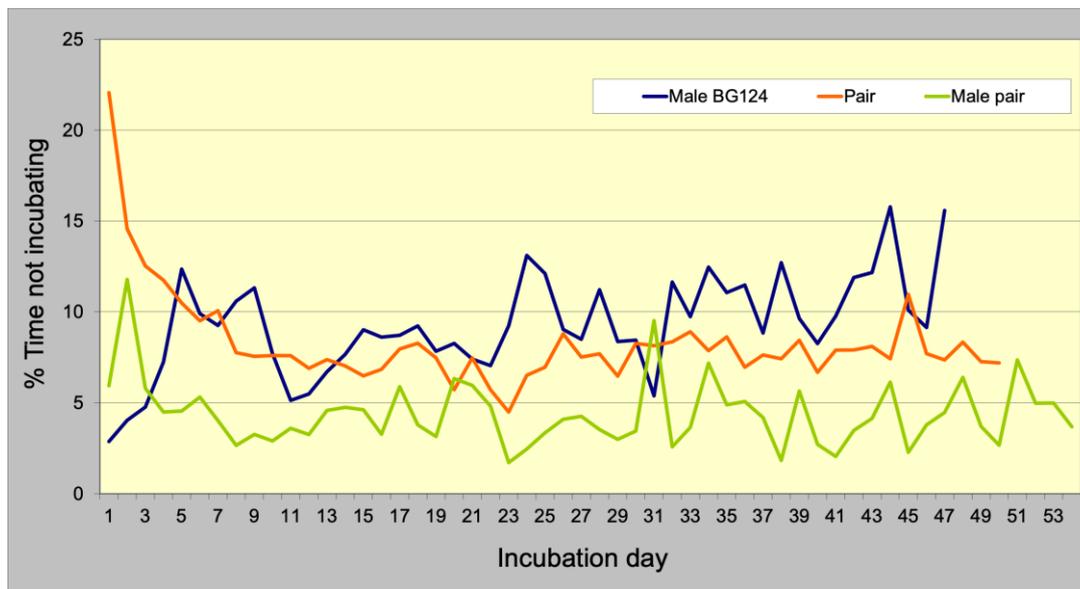


Figure 1: Distribution journalière du pourcentage de temps non consacré à l'incubation depuis le jour de la ponte jusqu'au jour précédant le retrait de l'œuf.

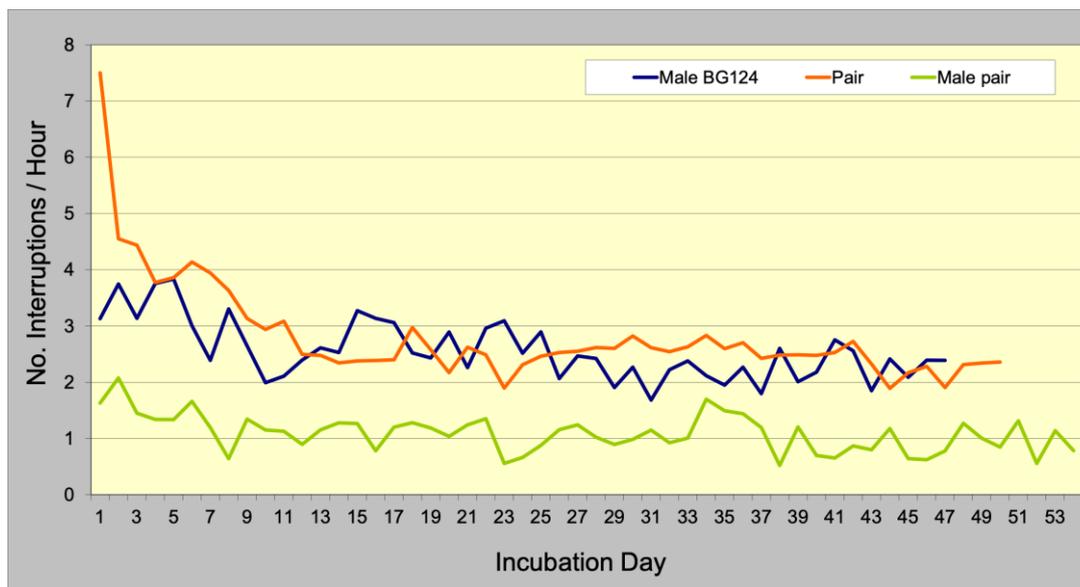


Figure 2: Distribution journalière du nombre d'interruptions entre le jour de la ponte et le jour précédant le retrait de l'œuf.

Un schéma similaire a été observé par le couple de mâles. Dès qu'ils ont reçu un œuf, les interruptions par heure ont été très courtes et le pourcentage de temps non consacré à l'incubation a été très faible (voir figures 1 & 2). Cependant, étant capables d'effectuer des relèves, ils n'ont montré aucun signe de fatigue, maintenant la durée des interruptions très stable tout au long de la période d'incubation et, par conséquent, le pourcentage de non-incubation avec une moyenne de 4,52% de non-incubation/jour (voir figure 1). En outre, ce couple mâle/mâle a montré le même schéma que le mâle seul, en maintenant très stable le nombre d'interruptions par heure pendant le processus d'incubation,

mais à des niveaux inférieurs de 0,52 à 2,07 interruptions/heure ; la moyenne de 1,1 interruptions/heure pour ce couple est la moitié de celle du mâle seul (voir figure 2).

D'un autre côté, le couple mâle/femelle a montré des différences notables. Ils ont effectué plus d'interruptions au cours des premiers jours et par conséquent un pourcentage plus élevé de temps non consacré à l'incubation (1^{ère} semaine d'incubation : de 9,51% à 22,06% du temps et une moyenne de 12,99%). Ce pourcentage s'est stabilisé à partir de la première semaine. Cela s'explique par le fait que les femelles ne sont pas encore entrées dans leur phase d'incubation, ce qui entraîne un plus grand nombre d'interruptions par heure au cours de cette première semaine jusqu'à la ponte du deuxième œuf. Certaines interruptions peuvent également être plus longues que d'habitude à ce moment (voir figures 1 & 2). Mais dès que la femelle est entrée en phase d'incubation, le nombre d'interruptions par heure et leur durée sont restés très stables, avec le même nombre d'interruptions par heure que pour le mâle seul. Par conséquent, le temps de non-incubation est également resté plus stable (à partir de la première semaine 4,49% - 10,97% du temps et une moyenne de 7,53%), mais avec des valeurs plus élevées que dans le couple de mâles (de 1,71% - 11,78% du temps et une moyenne de 4,52%).

En outre, les différences observées dans les paramètres d'incubation entre la première semaine et après la première semaine l'ensemble des couples mâle/femelle, n'ont pas eu d'influence sur la durée de l'incubation pour le premier, le deuxième et le troisième et quatrième œuf ensemble (1^{er} œuf 53,9±1,83 jours, n=409 ; 2^e œuf 54,0±1,97 jours, n=191 ; 3^e & 4^e œuf 54,4±2,44 jours, n=37). Ceci ressort d'autant plus si l'on ne prend en compte que les années où la plupart des couples étaient suivis par caméras vidéo (à partir de 2010), et où il a été possible de déterminer la date exacte de la ponte (1^{er} œuf 53.4±1.46 jours, n=205; 2^e œuf 53.0±1.23 jours, n=91 ; 3^e & 4^e œuf 53.3±2.5 jours, n=16).

De plus, dans les trois cas, il y a eu plus d'interruptions par heure pendant les jours chauds que pendant les jours froids - particulièrement les jours venteux -, le couveur adaptant sa posture selon la météo. Les jours froids, le corps et la tête sont maintenus beaucoup plus près du nid, alors que les jours chauds, la tête est relevée, et la poitrine peut même ne pas recouvrir complètement l'œuf, surtout à midi.

Grâce à cette étude, des différences significatives dans les schémas d'incubation ont pu être détectées. Le nombre plus élevé d'interruptions par heure et leur durée plus longue observés au début par le couple mâle/femelle, l'augmentation graduelle du temps d'interruption (= augmentation du temps de non-incubation) observée par le mâle seul au fur et à mesure que l'incubation progressait en raison de la fatigue, ou le nombre faible mais stable d'interruptions par heure et le temps faible et stable de non-incubation du couple de mâles - et les deux paramètres significativement plus bas que dans les deux autres cas (couple mâle/femelle et mâle seul) -, n'ont pas eu d'influence sur le succès de la reproduction. Ces différences ont montré que l'oxygénation de l'œuf - qui est donnée par le nombre d'interruptions -, et l'intensité de l'incubation - qui dépend inversement de la somme du temps de chaque interruption -, ne déterminent pas le succès de l'incubation. Ces résultats ont obligé à formuler de nouvelles hypothèses, car il devait y avoir d'autres facteurs pouvant influencer le développement de l'embryon.

Sachant que l'embryon est dépourvu de cœur pendant les premiers jours de son développement, mais qu'il existe des structures contractiles dans les parois des vaisseaux sanguins existants, l'hypothèse a été qu'il devait y avoir un stimulus externe qui régule la contraction de ces structures et favorise le mouvement des fluides, encourageant l'échange de gaz.

L'une des hypothèses était qu'à chaque interruption, l'œuf était exposé à des températures très basses, ce qui provoquait un choc thermique et donc la contraction des vaisseaux sanguins. Dès qu'il était réincubé par l'un des adultes, les vaisseaux se dilataient, favorisant ainsi le déplacement du sang du centre de l'œuf vers la surface et vice-versa. Par ailleurs, les interruptions d'incubation enregistrées étaient si courtes qu'elles ne permettaient pas à l'œuf de se refroidir, ce qui démontrait à nouveau que la réfrigération n'avait pas d'effet sur le succès de l'incubation.

Avec cette hypothèse en tête, l'auteur et sa nouvelle équipe du centre de soins pour la faune sauvage de Vallcalent ont commencé à mener des tests avec des œufs de différentes espèces (*Neophron pernopterus majorensis*, *Tyto alba*, *Lanius minor*, *Tetrax tetrax*, *Falco subbuteo* et *Circus spp.*). Ces œufs avaient dû être retirés du nid dès la ponte pour différentes raisons et incubés artificiellement. Lors de l'incubation artificielle, ils ont été exposés pendant 3-5 minutes - selon la taille de l'œuf -, quatre fois par jour à la température extérieure. La plupart des œufs récupérés ayant éclos avec succès, la même technique a été appliquée aux œufs de Gypaète barbu, en obtenant les mêmes résultats que pour les œufs incubés naturellement.

Il convient également de mentionner que trois types d'incubateurs de technologie différente (différences dans le système de chauffage, le système de retournement des œufs, etc.) ont été utilisés au cours de l'étude (INCA 200, ContaQX3 de Brinsea et Falcon C-30-S de Masalles), ne montrant aucune différence dans les résultats, et corroborant une fois de plus qu'il existe un facteur externe au fonctionnement de l'incubateur dont dépend le succès de l'incubation des œufs incubés à partir du jour de la ponte.



Application d'un **choc thermique** sur cinq œufs de Gypaète barbu dans l'unité de reproduction en captivité du Gypaète barbu au Centre de soins Vallcalent de la Generalitat de Catalunya, Espagne.

2. CONTROLE DU POUSSIN AU NID

Par principe, nous essayons d'éviter autant que possible de perturber les oiseaux reproducteurs en entrant dans la volière. En outre, pour les nouveaux couples reproducteurs, nous suggérons de laisser les œufs dans le nid, cela donne au couple reproducteur l'occasion de coopérer au cours de cette expérience unique et contribue à renforcer leur relation. Pour ces raisons, l'incubation et l'éclosion devraient se dérouler naturellement dans le nid, en ne retirant la ponte ou le poussin qu'en cas de problème. De plus, chez les oiseaux très sensibles et qui se reproduisent pour la 1^{ère} fois, toute perturbation dans le nid peut entraîner des problèmes de comportement (par exemple une manipulation inappropriée de la couvée lorsque les soigneurs s'approchent de la volière) qui peuvent persister tout au long de leur vie.

Résumé :

- ☛ **Essayer de laisser les oiseaux se reproduire le plus naturellement possible (incubation et éclosion naturelles) et n'intervenir qu'en cas de problème.**



Pour les nouveaux couples reproducteurs, une éclosion au nid permet de renforcer la relation entre les partenaires, de favoriser le développement comportemental naturel des individus et d'éviter le développement d'altérations comportementales pouvant persister à vie.

Un couple qui se reproduit pour la première fois devra acquérir de l'expérience pour réussir à élever un poussin avec succès. Cela peut prendre plusieurs saisons. En général, tous les oiseaux s'excitent lorsqu'ils entendent le poussin piailler parce qu'il a froid, qu'il est mal à l'aise ou qu'il a faim (leur sclérotique se gonfle et leur rythme cardiaque s'accélère) et ils commencent également à saliver. Ce flux de salive peut également être observé chez les oiseaux qui se reproduisent pour la première fois, ce qui montre qu'il s'agit d'un réflexe inné conditionné par le piaillage du poussin, mais cette salivation ne se produit pas lorsque le poussin est visible et qu'il ne piaille pas.

Au début, ces oiseaux tenteront de donner au poussin de la nourriture (de gros os) ou des morceaux d'une taille inadaptée à l'âge du poussin. De plus, les poussins de Gypaètes barbus sont nourris d'une manière différente de celle des autres rapaces. Les oiseaux adultes présentent la nourriture dans leur bec devant le poussin et c'est le poussin qui prend la nourriture, contrairement à d'autres rapaces où la nourriture est introduite par les parents dans le bec du poussin. En outre, la plupart des poussins tout juste éclos présentent un œdème (accumulation de liquide) au niveau du cou qui disparaît généralement dans les 24 heures, ce qui rend encore plus difficile la prise de nourriture dans le bec des adultes. Cela requiert beaucoup d'expérience de la part des parents sur la manière de présenter la nourriture, tant au niveau de la taille de la nourriture que de la position de la tête, afin que le poussin dans une de ses tentatives de lever la tête, puisse prendre la nourriture du bec des parents. Cette difficulté rend tout à fait compréhensible le fait que, dans la plupart des cas, les couples qui se reproduisent pour la première fois échouent au cours des premières années d'élevage des poussins.

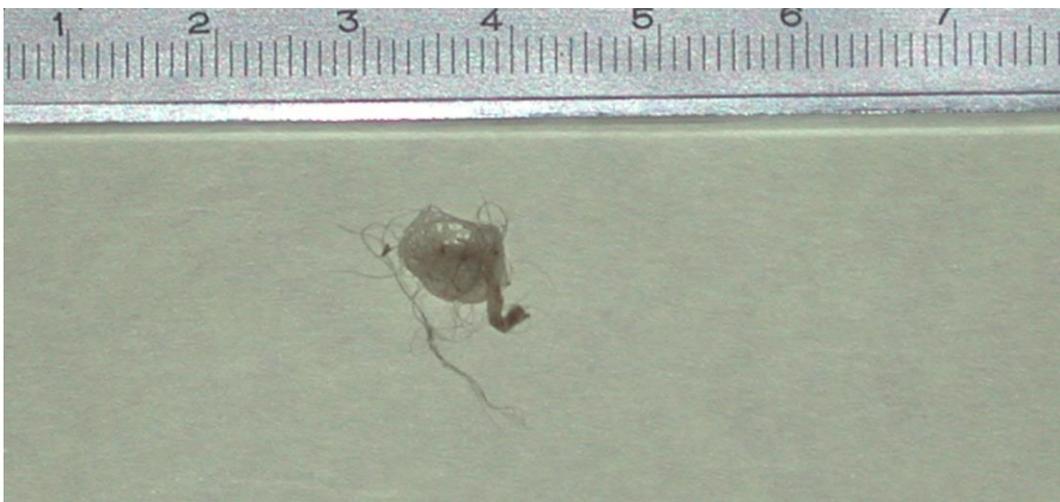
C'est là que les soigneurs peuvent intervenir et accélérer le processus d'apprentissage. Les nourrissages supplémentaires par le soigneur permettent au poussin de rester suffisamment fort pour qu'il continue à piailler pour obtenir de la nourriture et que les parents continuent à essayer de le nourrir. Les nourrissages supplémentaires sont prolongés jusqu'à ce que les adultes apprennent à nourrir correctement le poussin. Ceci se reconnaît dès que le poussin prend 10 % de poids par jour sans nourrissage supplémentaire.



Les poussins de Gypaète barbu sont nourris d'une manière différente de celle des autres rapaces. Les oiseaux adultes présentent la nourriture dans leur bec devant le poussin et c'est le poussin qui prend la nourriture. Ceci n'est possible que si le poussin est suffisamment fort pour lever la tête et avoir les yeux propres pour voir la nourriture présentée par l'adulte.

Il est bien connu que la deuxième^[1] cause principale de mortalité chez les poussins est l'inanition due à la perte de vision causée par la fourrure de lapin collée dans les yeux du poussin. Comme mentionné ci-dessus, les poussins de Gypaètes barbus ne sont pas nourris de la même manière que les poussins d'autres rapaces, pour lesquels les adultes mettent la nourriture dans le bec du poussin. Au lieu de

cela, les poussins de Gypaètes barbus doivent prendre la nourriture dans le bec de leurs parents. Cela signifie que si le poussin est trop faible (en raison de la malnutrition) ou s'il a des problèmes de vision (parce qu'il a de la fourrure de lapin collée dans les yeux ; voir l'image ci-dessous), il ne pourra pas prendre la nourriture dans le bec de ses parents et finira par mourir de faim. Cette situation est encore plus fréquente lorsque les poussins sont élevés par des adultes seuls, car ceux-ci préparent la nourriture juste à côté du poussin. C'est pourquoi il est conseillé d'enlever la peau des lapins avant de les donner aux oiseaux pendant les trois premières semaines de vie du poussin. Par la suite, les poussins sont capables d'enlever les poils de lapin collés dans leurs yeux en frottant leur tête sur l'aile.



Fourrure de lapin retirée de l'œil d'un poussin de Gypaète barbu âgé de 15 jours. La fourrure de lapin et les liquides lacrymaux peuvent former une sorte de lentille au-dessus de l'œil, qui peut complètement obstruer la vision du poussin et causer sa mort, car il est incapable de prendre la nourriture dans le bec de son parent. C'est pourquoi, jusqu'à l'âge de 3 semaines, l'état des yeux doit être surveillé à l'aide de caméras vidéo ou directement dans le nid.

Cependant, toute intervention dans le nid doit être effectuée correctement et avec beaucoup de précautions. Les adultes, dans leur élan de protection du poussin, peuvent le blesser mortellement (par piétinement du poussin) ou même le tuer accidentellement par agression déplacée (comportement redirigé), en soulevant le poussin avec leur bec pour le protéger. C'est pour cette raison qu'un protocole a été rédigé afin de maintenir le nombre de contrôles du poussin au nid aussi bas que possible. Ce protocole fournit des lignes directrices générales sur la manière de procéder, mais doit être adapté aux besoins du poussin et au contexte de chaque couple reproducteur.

¹ La principale cause de mortalité chez les poussins de Gypaètes barbus est l'infection du sac vitellin. La deuxième cause de mortalité est l'inanition causée par la perte de vision due à la présence de poils de lapin dans les yeux du poussin. Chez les couples inexpérimentés, une autre cause de mortalité principale est l'incapacité des parents à nourrir correctement le poussin.

2.1. Contrôle du poussin au nid après une éclosion naturelle, particulièrement dans le cas des parents inexpérimentés

- Si le poussin **a éclos le matin**, le **contrôle au nid** doit être effectué **1 heure avant la tombée de la nuit** pour s'assurer que le poussin est en bonne santé et suffisamment fort pour survivre pendant la nuit. Vérifiez le nombril, et s'il n'est pas encore complètement fermé et sec ou s'il présente encore un œdème, **désinfectez-le avec de la Bétadine**. De plus, le **poussin doit être pesé** pour obtenir un poids de référence. Il est possible de lui donner 2 à 3 g de nourriture à la main s'il réclame de la nourriture ou s'il semble très faible (alimentation forcée). Mais en règle générale, si le poussin a éclos tout seul, le sac vitellin fournit une réserve minimale de 24 heures. Au cours du contrôle du poussin, le 2^e œuf peut être retiré pour une éclosion artificielle. Un **deuxième contrôle** doit être effectué le **lendemain** en fin de matinée (11h00-12h00). C'est le moment de réaliser un **nourrissage supplémentaire** (2-3g).
- Si le poussin **a éclos en milieu de journée ou dans l'après-midi**, le **1^{er} contrôle** doit être effectué le **lendemain** en fin de matinée (11h00-12h00), afin de donner aux adultes le temps d'essayer de nourrir le poussin et d'acquérir de l'expérience. Vérifiez le nombril, et s'il n'est pas encore complètement fermé et sec ou s'il présente encore un œdème, **désinfectez-le avec de la Bétadine**. C'est le moment de réaliser un **nourrissage supplémentaire** (2-3g), et de retirer le 2^e œuf pour une éclosion artificielle. Un **2^e contrôle** doit être fait **1 heure avant la tombée de la nuit**, pour voir si le poussin a été nourri et s'il a conservé ou pris du poids. Si ce n'est pas le cas, le poussin doit être nourri à nouveau de 3 à 5 g. Il faut toujours peser le poussin avant et après le nourrissage pour obtenir des poids de référence et la quantité réelle de nourriture consommée.
- Les jours suivants, deux contrôles quotidiens sont effectués avec un nourrissage supplémentaire. Le **1^{er} contrôle du poussin** a lieu vers 11h00-12h00 et le **2^e contrôle** doit être effectué **1 heure avant la tombée de la nuit**.
- Normalement, entre le 3^e et le 4^e jour après l'éclosion, les poussins retrouvent leur poids à l'éclosion et c'est à partir de ce moment qu'ils commencent à prendre du poids. Jusqu'à ce stade, le gain de poids



Les contrôles du poussin sont toujours faits au nid. Lors de chaque contrôle, le poids et les yeux du poussin sont contrôlés. Toutes les étapes du contrôle sont faites au nid.

quotidien est de près de 10 % par jour. Si c'est le cas, c'est le moment où l'on peut arrêter les nourrissages supplémentaires.

- **Si à cet âge le poussin ne prend pas encore de poids**, le nombre de **nourrissages supplémentaires** par jour doit être **augmenté à 4 fois par jour**. Il sera également nécessaire d'augmenter la quantité de nourriture offerte à chaque repas (la quantité totale de nourriture offerte par jour devrait être augmentée le troisième jour pour atteindre environ 25 % de son poids du matin). Normalement, les oiseaux adultes apprennent en 2 à 4 jours à nourrir correctement leurs poussins, mais il existe des exceptions qui peuvent prendre plus d'une semaine.
- **À chaque contrôle au nid, le poussin doit être pesé avant et après le nourrissage supplémentaire**. Toutes les étapes du contrôle sont faites à l'intérieur du nid. Cela implique d'entrer dans le nid et d'écartier doucement l'oiseau adulte du poussin. Cela peut se faire en douceur avec un bâton ou un bouclier. Avec les oiseaux très calmes, cette opération peut être effectuée en douceur à l'aide d'une seule rémige.
- Au cours des **trois premières semaines, vérifiez que les yeux sont dépourvus de poils** (en particulier de poils de lapin). Les caméras vidéo installées au dessus du nid permettent de surveiller le poussin sans effectuer le contrôle au nid en personne, ce qui peut perturber les oiseaux adultes. Si ce n'est pas le cas, le contrôle doit être effectué au nid. Au cours de la 1^{ère} semaine, le contrôle des yeux est fait tous les 2 jours ; au cours de la 2^e semaine, ce sont tous les 2 ou 3 jours ; et au cours de la 3^e semaine, deux contrôles suffisent. **Ceci doit être fait également avec des poussins élevés par des couples expérimentés.**

2.2. Assistance humaine à l'éclosion pour les œufs incubés jusqu'au terme par les parents

- Si, 24 heures après le début de l'éclosion, le poussin n'est pas parvenu à éclore seul, il faut procéder à une éclosion assistée (voir point 3.4. Assistance humaine à l'éclosion). Si possible, l'ensemble du processus doit se dérouler dans le nid. Après avoir retiré le poussin de l'œuf, il convient de **vérifier son poids** et de **désinfecter son nombril avec de la Bétadine**.
- En règle générale, les poussins qui ont eu besoin d'une aide humaine à l'éclosion sont plus affaiblis et doivent commencer à être nourris plus tôt. En outre, ils ont besoin d'une **aide humaine pour se nourrir** et, dans certains cas, doivent même être **nourris de force**.
- Les poussins qui ont eu besoin d'une **aide humaine à l'éclosion le matin** doivent recevoir un **nourrissage supplémentaire (2-3g) 1 heure avant la tombée de la nuit**.
- Les poussins qui ont eu besoin d'une **aide humaine à l'éclosion l'après midi** doivent recevoir un **nourrissage supplémentaire (2-3g) le lendemain tôt le matin** (2 heures après le lever du soleil).
- Par la suite, le nombre de nourrissages par jour dépendra de la vitalité du poussin, avec un **minimum de 2 nourrissages par jour** et un **maximum de 4 par jour**.
- Dès que le poussin commence à gagner du poids, le nombre de nourrissages va diminuer.

- **À chaque contrôle au nid, le poussin doit être pesé avant et après le nourrissage supplémentaire.** Toutes les étapes du contrôle sont faites à l'intérieur du nid. Cela implique d'entrer dans le nid et d'écarter doucement l'oiseau adulte du poussin. Cela peut se faire en douceur avec un bâton ou un bouclier. Avec les oiseaux très calmes, cette opération peut être effectuée en douceur à l'aide d'une seule rémige.
- Au cours des **trois premières semaines, vérifiez que les yeux sont dépourvus de poils** (en particulier de poils de lapin). Les caméras vidéo installées au dessus du nid permettent de surveiller le poussin sans effectuer le contrôle au nid en personne, ce qui peut perturber les oiseaux adultes. Si ce n'est pas le cas, le contrôle doit être effectué au nid. Au cours de la 1^{ère} semaine, le contrôle des yeux est fait tous les 2 jours ; au cours de la 2^e semaine, ce sont tous les 2 ou 3 jours ; et au cours de la 3^e semaine, deux contrôles suffisent. **Ceci doit être fait également avec des poussins élevés par des couples expérimentés.**

3. INCUBATION ARTIFICIELLE

Bien que les règles de base de l'EEP Gypaète barbu sont d'intervenir le moins possible pour que la reproduction soit la plus naturelle possible, il existe des situations qui nécessitent une intervention humaine et donc une incubation artificielle :

- en cas de double ponte, à cause du « caïnisme », le deuxième œuf doit être retiré avant l'éclosion et nécessite une incubation artificielle.
- pour les couples où l'éclosion dans le nid a échoué les années précédentes.
- pour les oiseaux présentant des troubles du comportement pendant l'incubation en raison d'une gestion inadéquate au cours de leur vie ou d'un élevage inadapté au stade poussin.
- pour les oiseaux handicapés qui ne peuvent pas manipuler l'œuf correctement ou qui ne peuvent pas construire correctement la coupe dans le nid, rendant possible la libre circulation des œufs dans le nid avec un taux de casse plus élevé.
- lorsque les oiseaux cessent de couvrir en raison de perturbations de différentes natures (perturbations par le public, travaux/réparations à proximité de la volière, présence de rapaces voisins dominants territoriaux, etc.).

Par conséquent, l'extraction des œufs aura lieu à différents moments de l'incubation, en fonction de la raison :

- dans le cas d'une double ponte, le deuxième œuf sera retiré :
 - le plus souvent, lors du 1^{er} contrôle au nid après l'éclosion du poussin issu du 1^{er} œuf.
 - exceptionnellement, il existe des couples reproducteurs qui, dès que le poussin issu du 1^{er} œuf commence à éclore, ne s'occupent plus du 2^e œuf. Chez ces couples, il est

recommandé de retirer le 2^{ème} œuf avant que le 1^{er} œuf ne commence à éclore : 1 semaine avant l'éclosion.

- pour les couples où l'éclosion dans le nid a échoué les années précédentes, la ponte simple ou double doit être enlevée 7 à 10 jours avant l'éclosion.
- dans tous les autres cas, la couvée est retirée du nid dès l'apparition d'un problème (arrêt de l'incubation) ou immédiatement après la ponte chez les couples qui n'incubent pas bien les œufs pour différentes raisons (oiseaux handicapés physiquement ou présentant des altérations comportementales).

Très important : ne jamais laisser le nid vide après avoir retiré la couvée. Des œufs factices doivent être offerts afin de ne pas interrompre le cycle de reproduction du couple reproducteur, qui pourra ainsi devenir un couple adoptif.

3.1. Protocole d'incubation artificielle

Il est recommandé **de mettre en marche et de contrôler l'incubateur avant que le couple ait pondu** (selon les précédentes données sur les pontes du couple), après avoir préalablement nettoyé et désinfecté celui-ci. Il est également très important d'accorder une attention particulière à la température ambiante (20°-24° C) et à l'humidité (idéale 40%, mais <60%) dans la pièce où sont placés les incubateurs.

Avant de placer l'œuf retiré dans l'incubateur, il est recommandé de procéder à un certain nombre de vérifications :

- peser l'œuf.
- vérifier que la coquille est intacte. Le mirage permet de voir très clairement les fissures, les trous ou la porosité extrême due à un manque de calcium. **En fonction de la taille des imperfections, il convient de les sceller** pour éviter une éventuelle infection ou une perte de poids anormale de l'œuf.
- évaluer le **niveau de saleté** (principalement des matières fécales) adhérent à la coquille de l'œuf. **Ne jamais nettoyer l'œuf avec de l'eau**, car cela peut favoriser une infection microbienne. Nettoyer simplement l'œuf avec des serviettes en papier doux. **Ne jamais gratter la saleté avec une éponge abrasive**, ce qui pourrait endommager la cuticule de l'œuf. **La cuticule de l'œuf**, la partie la plus externe de l'œuf, d'une épaisseur de l'ordre du µm, recouvre les pores préservant l'intérieur de l'œuf de toute contamination microbienne.

Résumé :

- ✎ avant de placer l'œuf dans l'incubateur, vérifier son poids, si la coquille est intacte et le niveau de saleté.
- ✎ **Ne jamais gratter les salissures avec une éponge abrasive qui pourrait endommager la cuticule de l'œuf.**

Selon le moment où l'œuf est retiré du nid, on distingue deux scénarios :

1. incubation artificielle depuis la ponte de l'œuf (jour de ponte = 0 jour)
2. incubation artificielle juste pendant les derniers jours d'incubation (l'œuf a été retiré pendant les 7 à 10 derniers jours avant l'éclosion, lorsque le déplacement de la chambre d'air a déjà commencé).

Dans les deux cas, les paramètres utilisés pour l'incubation artificielle chez le Gypaète barbu (voir tableau ci-dessous) sont similaires à ceux utilisés pour les autres rapaces, **imitant autant que possible l'incubation naturelle** :

Température : 37.3°C – 37.5°C

Il est recommandé d'utiliser des incubateurs qui renouvellent automatiquement l'air intérieur pendant le processus de retournement. Cela favorise ainsi une fluctuation de la température pendant le retournement des œufs, simulant ce qui se passe dans le nid lors des relèves par les adultes.

Humidité : 25%-35% d'humidité (à adapter suivant l'évolution de la perte de poids journalière de l'œuf).

Il est recommandé **de ne pas utiliser le système d'humidité automatisé**, car il ne reproduit pas le processus d'incubation naturelle. Dans la nature, les Gypaètes barbus se reproduisent dans des zones sèches - comme dans plusieurs régions en Espagne -, ou dans des zones très humides- comme dans plusieurs régions dans les Alpes -, mais dans aucune d'entre elles l'humidité n'est constante tout au long du processus d'incubation. Elle varie également à chaque fois que les adultes se relèvent pendant l'incubation. C'est pourquoi nous conseillons d'utiliser **un réservoir d'eau**, de le remplir d'eau distillée de manière à ce que l'humidité à l'intérieur de l'incubateur ne dépasse pas 35 %, et de le remplir d'eau toutes les 24 heures. De cette façon, lors de l'évaporation de l'eau, l'humidité à l'intérieur de l'incubateur diminue lentement, mais ne doit pas descendre en dessous de 25 % (pour plus de détails, voir le chapitre 3.2. Contrôle des œufs ; poids). Il est seulement conseillé d'augmenter l'humidité au-delà des valeurs recommandées si l'œuf a tendance à perdre plus de poids que nécessaire en raison d'un défaut de la coquille (mal formée, fissures, etc.).

Retournement des œufs : Ils doivent être retournés au moins 5 à 10 fois par jour, avec des précautions d'hygiène adéquates s'ils sont retournés à la main et pas toujours dans le même sens. Si vous disposez d'un système de rotation automatique des œufs, vous pouvez le paramétrer sur une fois toutes les deux heures.

Il est **recommandé** d'utiliser des incubateurs dont **différents paramètres peuvent être réglés pour le jour et pour la nuit**. Cela permet d'imiter le processus naturel d'incubation, en réduisant les intervalles de retournement nocturne (au moins toutes les 3 heures).

Si l'œuf a été **retiré peu après la ponte**, nous ajoutons une **étape supplémentaire dans le protocole (choc thermique)**. En plus du retournement automatique de l'œuf, il faut retirer l'œuf de l'incubateur **4 fois par jour pendant 5 minutes** et l'exposer à la température extérieure (peu importe si la température extérieure est inférieure à 0° C). L'œuf doit également être tourné manuellement de 180° à chaque choc thermique afin d'assurer un retournement complet pendant toute la durée de l'incubation. Ce choc thermique favorise le mouvement des fluides, améliore les échanges gazeux et contribue au développement sain de l'embryon.



Choc thermique. En plus du retournement automatique de l'œuf, l'œuf doit être exposé 4 fois par jour pendant 5 minutes à la température extérieure. De plus, à chaque choc thermique, l'œuf est tourné manuellement de 180°.

Il est très important de ne pas confondre choc thermique et refroidissement de l'œuf :

- ☞ **Le refroidissement de l'œuf** consiste à exposer l'œuf à une température inférieure à celle de l'incubateur pendant un certain temps afin de réduire la température à l'intérieur de l'œuf. En réaction à cette **baisse de température à l'intérieur de l'œuf**, l'embryon tente de maintenir sa température en utilisant les ressources énergétiques dont il dispose (le jaune d'œuf). Un tiers du jaune d'œuf est nécessaire au développement de l'embryon, un autre tiers est utilisé comme énergie et le dernier tiers est utilisé pour l'éclosion. Par conséquent, toute dépense d'énergie supérieure à la normale aurait un effet négatif sur l'éclosion, car les ressources énergétiques à l'intérieur de l'œuf sont limitées.
- ☞ **Le choc thermique** consiste à exposer l'œuf pendant une courte période à des températures extérieures basses, sans pouvoir réduire la température à l'intérieur de l'œuf, mais en provoquant une **contraction des vaisseaux sanguins uniquement à la surface de l'œuf**. Cela se reconnaît au fait que seule l'extrémité pointue de l'œuf est froide, le reste restant tout aussi

chaud. Dès que l'œuf n'est plus exposé à la température extérieure, l'extrémité pointue revient immédiatement à la température globale de l'œuf.

Indépendamment du fait que l'œuf ait été retiré du nid plus tard ou plus tôt, dans les deux cas, **une fois que la chambre d'air commence à s'agrandir (entre 7 et 10 jours avant l'éclosion), l'œuf n'est plus retourné, mais le choc thermique est toujours maintenu sans rotation manuelle de l'œuf de 180°**. Une fois que le déplacement de la chambre d'air a commencé, grâce à une lampe pour mirer les œufs, il faut vérifier quotidiennement l'avancement de la chambre d'air en dessinant son contour avec un crayon sur la coquille. Le déplacement varie, étant dans les premiers jours de quelques millimètres par jour et atteignant à la fin plus d'un cm. **L'œuf doit toujours être tenu avec le déplacement vers le haut.**



Le déplacement de la chambre d'air commence 7 à 10 jours avant l'éclosion et est vérifié quotidiennement en utilisant une lampe pour mirer les œufs et en dessinant le déplacement avec un crayon sur la coquille. Le déplacement de la chambre d'air peut varier de quelques millimètres les premiers jours à plus d'un centimètre les derniers jours.

Dans cette phase (au moment de l'éclosion), la position correcte de l'embryon est la tête sous l'aile droite, le cou penché et la tête en bas, la colonne vertébrale de l'embryon étant parallèle à l'axe longitudinal de l'œuf et la tête dirigée vers la chambre d'air dans l'extrémité large de l'œuf (voir figure 3).

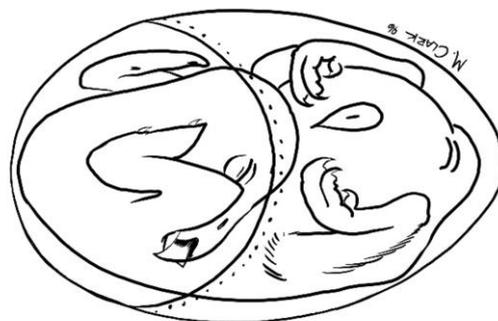
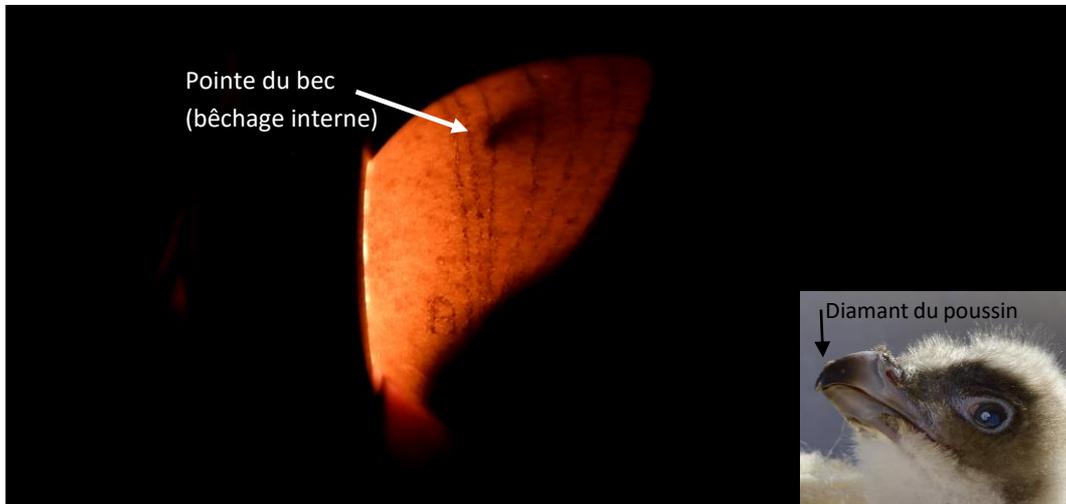


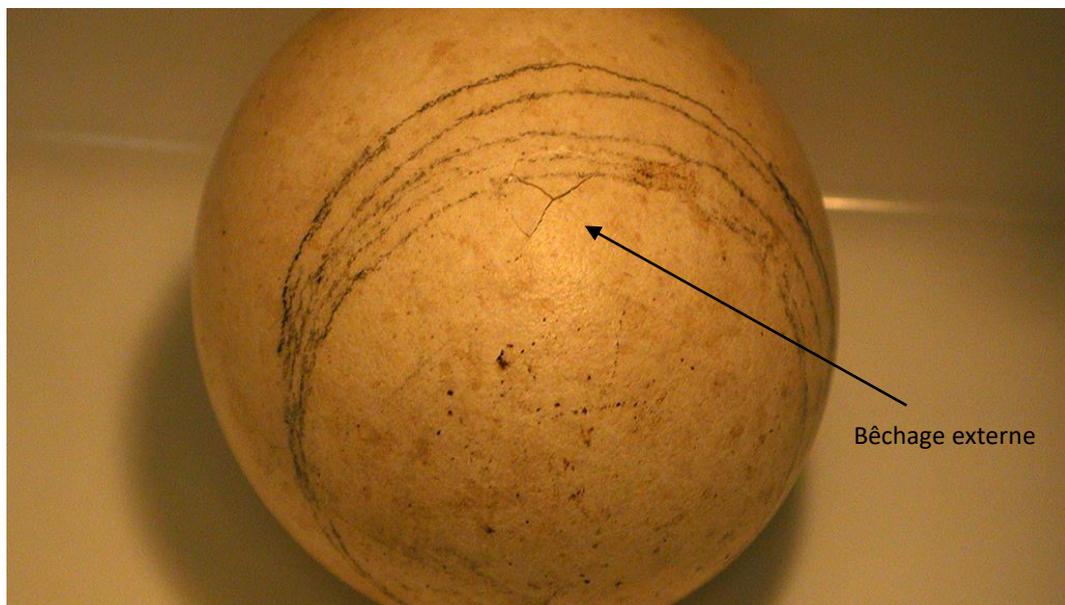
Figure 3: Position correcte de l'embryon à l'éclosion avec la tête sous l'aile droite; M. Clark®.

L'embryon rompt la membrane de l'œuf environ 3 jours avant l'éclosion et commence à respirer avec ses poumons (**bêchage interne**). À partir de ce moment, on peut entendre le poussin vocaliser. En mirant l'œuf, il est possible de voir le bec du poussin dans la partie supérieure de la chambre d'air et, au fond de la chambre d'air, de voir l'épaule qui pousse la membrane de l'œuf vers

l'intérieur de la chambre d'air (voir l'image ci-dessous). Les **chocs thermiques sont maintenus sans rotation manuelle de l'œuf de 180°**.



Un à trois jours avant l'éclosion, le poussin bêche la coquille de l'œuf grâce à sa « dent de délivrance » ou **diamant (bêchage externe)**. A ce stade, l'humidité doit être portée à 80% et **les chocs thermiques doivent cesser**.



Si l'embryon est correctement positionné, il ouvre l'œuf dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, en commençant par l'endroit où il a fait le **bêchage externe**. L'éclosion peut durer plusieurs heures et est parfois interrompue par des périodes de repos. Pour faciliter l'éclosion et éviter que l'œuf ne roule sur son support pendant le processus d'éclosion, l'œuf doit être **posé sur du papier ou du coton**.



Paramètres d'incubation :

Age	Température	Humidité	Chocs thermiques	Retournement	Eclairage
Depuis le début jusqu'à ce que la chambre d'air se déplace	37.3°C – 37.5°C	25-35%	4 fois par jour exposé pendant 5 min à la température extérieure et tourné manuellement de 180°	10 fois par jour	obscurité
Quand la chambre d'air commence à se déplacer jusqu'au bêchage interne			4 fois par jour exposé pendant 5 min à la température extérieure		
Du bêchage externe jusqu'à l'éclosion		80%		-	lumière
Pendant les premières 5-10 heures après l'éclosion complète		Température ambiante			

Résumé : nous essayons d'imiter l'incubation naturelle autant que possible.

- ☞ Les chocs thermiques doivent toujours être faits jusqu'à ce que le poussin bêche la coquille.
- ☞ Une variation de la température se produit chaque fois que les adultes effectuent une relève. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser des incubateurs qui renouvellent automatiquement l'air à l'intérieur pendant le processus de retournement des œufs, favorisant ainsi une fluctuation de la température.
- ☞ Dans la nature, l'humidité varie constamment en fonction du climat. C'est pourquoi nous recommandons l'utilisation d'un réservoir d'eau qui, en évaporant lentement l'eau qu'il contient, permet une variation quotidienne progressive de l'humidité. La fluctuation doit être comprise entre 25 et 35 %.
- ☞ Augmenter l'humidité au-delà des valeurs recommandées uniquement si l'œuf a tendance à perdre plus de poids que nécessaire en raison d'un défaut de la coquille (mal formée, fissures, etc.).
- ☞ Lors de l'incubation naturelle, les couples reproducteurs retournent leurs œufs à chaque interruption (court repos d'incubation, changement de position d'incubation ou relève), les interruptions étant irrégulières dans le temps. En outre, le nombre d'interruptions pendant la nuit est beaucoup plus faible que pendant la journée. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser des incubateurs dont les paramètres peuvent être réglés différemment pour le jour et pour la nuit et dont la fréquence de retournement est basée sur des algorithmes différents et aléatoires.
- ☞ **Ne pas confondre choc thermique et refroidissement de l'œuf.**

3.2. Contrôle de l'œuf

Tout au long du processus d'incubation artificielle, l'œuf doit être surveillé afin de contrôler le bon développement de l'embryon, surtout si plusieurs œufs sont placés dans le même incubateur. Il y a un risque qu'un œuf avorte et contamine les autres œufs. C'est pourquoi il est si important de déterminer le plus rapidement possible si un œuf est infertile/avorté afin de le retirer immédiatement de l'incubateur. Pour ce faire, différentes méthodes sont utilisées, chacune d'entre elles étant dépendante de la nature de l'œuf (degré de pigmentation) et du moment de l'incubation. La perte de poids de l'œuf est notamment l'un des paramètres contrôlés tout au long du processus d'incubation.

Perte de poids

En moyenne, la perte de poids d'un œuf de Gypaète barbu pendant toute la durée de la période d'incubation (52-54 jours) est de 14 % (n = 43 œufs éclos contrôlés issus de 34 incubations artificielles et 9 incubations naturelles dont 31 au Centre de Fauna Vallcalent et 12 au Centro de Cría Guadalentín).

Cependant, certains œufs éclos avec succès ont montré une perte de poids plus faible pendant le processus d'incubation, atteignant même une perte de moins de 10 % (intervalle 9,09 % - 17,06 %), bien que l'humidité ait été adaptée à l'évolution de la perte de poids.

A titre d'exemple, les 9 œufs pondus par la femelle BG 115, incubés artificiellement et qui ont éclos, ont montré une perte de poids moyenne de 13,68 % (intervalle 11,72 % - 15,40 %). Sur ces 9 œufs, 4 ont été incubés artificiellement dès le jour de la ponte (= jour 0), 3 ont été retirés du nid après 3 jours d'incubation naturelle, 1 après 5 jours et le dernier après 6 jours d'incubation naturelle.

Un autre exemple est celui des 11 œufs pondus par la femelle BG 103, incubés artificiellement, qui ont montré une perte de poids moyenne de 14,17 % (intervalle 12,08 % - 15,27 %). Sur ces 11 œufs, 6 ont été incubés artificiellement à partir du jour 0. D'autre part, les 8 œufs de la femelle BG 041, contrôlés dès le jour de la ponte, ont montré une perte de poids moyenne de 15,04 % (intervalle 13,10 % - 16,75 %). Plus intéressant encore, deux des œufs de cette femelle, ceux incubés artificiellement dès le jour de la ponte, ont présenté une perte de poids de plus de 16%, bien supérieure à celle des deux autres femelles (13,68 % et 14,17 % respectivement). En revanche, les 6 autres œufs de la femelle BG 041 qui ont été incubés naturellement plus de la première moitié de la durée totale d'incubation ont présenté une perte de poids moyenne de 14,51 %, soit une perte de poids similaire à celle des œufs incubés artificiellement des deux premières femelles. Enfin, comme derniers et cas les plus extrêmes, les deux œufs incubés artificiellement aux jours 0 et 1 de la femelle BG 658 ont montré la perte la plus élevée et la perte la plus faible des 43 œufs suivis (17,16 % et 9,09 % respectivement). Pour tous les œufs incubés artificiellement, l'humidité avait été adaptée autant que possible en fonction de la perte de poids (objectif de 16%), dans l'intervalle d'humidité établi pour les œufs de Gypaète barbu (25%-35%).

Enfin, il faut tenir compte du fait que pendant le processus d'éclosion, la **perte de poids, une fois que le poussin a déjà bêché la coquille, est beaucoup plus élevée que pendant les jours précédents**, perdant plus de 1 à 1,5 g par jour. Cette perte de poids élevée par jour a une influence significative sur la perte totale, surtout dans les cas où il s'écoule quelques jours entre le bêchage externe et l'éclosion.

Ces résultats montrent que **l'embryon a la capacité** de s'adapter, dans un intervalle normal, aux facteurs climatiques externes, et qu'il est capable **de réguler lui-même sa perte de poids**.

Cependant, des anomalies peuvent survenir, comme ce fut le cas en 2014 lorsqu'il a plu dans la majeure partie de l'Europe pendant la période d'incubation, provoquant l'avortement/la putréfaction de la plupart des œufs (12 sur 20 œufs pondus), car une humidité élevée favorise la propagation des germes qui peuvent contaminer l'œuf.

Avant d'être placés pour la première fois dans l'incubateur, tous les œufs doivent être pesés sur une balance précise au décigramme. Par la suite, il est recommandé **de contrôler le poids de l'œuf tous les trois jours**, afin de pouvoir ajuster l'humidité de l'incubateur dans une fourchette de 25 % à 35 % en fonction de la perte de poids de l'œuf. Il n'est conseillé d'augmenter l'humidité au-delà des valeurs recommandées que si l'œuf a tendance à perdre plus que nécessaire en raison d'un défaut de la coquille (mal formée, fissures, etc.).

Résumé :

- ☞ La perte de poids moyenne de l'œuf pendant ses 52-54 jours d'incubation est de 14%.
- ☞ Contrôler le poids de l'œuf avant de l'introduire pour la première fois dans l'incubateur, puis tous les 3 jours.
- ☞ L'embryon a la capacité de réguler lui-même sa perte de poids si les facteurs climatiques externes se situent dans une fourchette normale. Par conséquent, régler l'humidité de la couveuse entre 25 et 35 % en fonction de la perte de poids de l'œuf.
- ☞ N'augmenter l'humidité au-delà des valeurs recommandées que si l'œuf a tendance à perdre plus que nécessaire en raison d'un défaut de la coquille.

Le mirage de l'œuf

Afin d'exclure le plus rapidement possible les œufs stériles, avortés ou putrides, il est recommandé de procéder à un mirage quotidien de l'œuf pour vérifier le développement de l'embryon. La fécondité peut être déterminée à partir du sixième ou du septième jour. En raison de l'épaisseur de la coquille de l'œuf du Gypaète barbu, le mirage ne peut être effectué qu'à l'aide de lampes adaptées aux œufs d'autruche. Au moment de l'éclosion, l'épaisseur de l'œuf mesure 0,67 mm chez les œufs infertiles (n = 22) et 0,63 mm chez les œufs éclos (n = 62) (Frey *et al.* 1995). De plus, en fonction de la pigmentation de la coquille, différents paramètres peuvent être contrôlés par le mirage. Pour les œufs plus pigmentés, il existe d'autres appareils pour surveiller leur développement (voir les photos ci-dessous du Laseroscope et du Buddy).

Lors du **mirage d'œufs non pigmentés**, il convient de prêter une attention particulière à :

- déterminer si l'œuf est fertile. Pour les œufs retirés du nid dès le début, confirmer si l'œuf est fertile par l'apparition du disque germinatif et des vaisseaux à partir du septième jour d'incubation. Vérifier/évaluer la croissance des vaisseaux au cours des 7 jours suivants. (Voir paragraphe 3.3 Développement de l'embryon) ;
- la croissance des vaisseaux sanguins, leur épaisseur et leur maintien tout au long de la période d'incubation ;
- la croissance du poussin et ses mouvements.

Pour **tous les œufs**, il convient d'accorder une attention particulière aux éléments suivants :

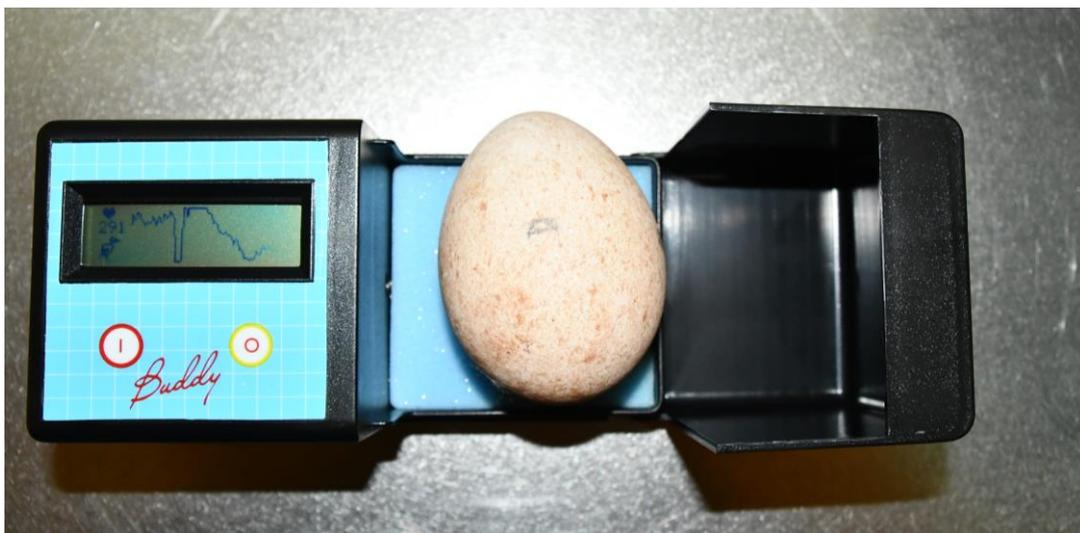
- vérifier que la membrane entre la chambre d'air et le reste de l'œuf reste intacte pendant toute la période d'incubation ;
- la progression de la chambre d'air ;
- si le poussin a bêché la chambre d'air (**bêchage interne**).



Le mirage des œufs : en fonction de la pigmentation de la coquille de l'œuf, différents paramètres peuvent être contrôlés. Pour les œufs non pigmentés (image de gauche), la croissance des vaisseaux et l'évolution de l'embryon peuvent être surveillées dès le début de l'incubation. Pour les œufs pigmentés (image de droite), seuls le déplacement de la chambre d'air et le bêchage interne peuvent être surveillés.

Buddy MK2

L'un des moyens de déterminer si l'embryon est vivant dans les œufs pigmentés consiste à utiliser le Buddy, qui permet de détecter les mouvements et le rythme cardiaque. Cet appareil a été conçu principalement pour les œufs de faucons, d'éperviers et d'aigles. Par conséquent, selon la taille et la forme de l'œuf de Gypaète barbu, il est souvent difficile de détecter les battements de cœur et les mouvements, en particulier les battements de cœur si l'embryon bouge beaucoup. Avec l'expérience, **à partir de 25 jours d'incubation**, la vitalité de l'embryon peut être surveillée à l'aide du Buddy.



Fréquence cardiaque et mouvement après un choc thermique d'un embryon de 28 jours à l'aide du Buddy.

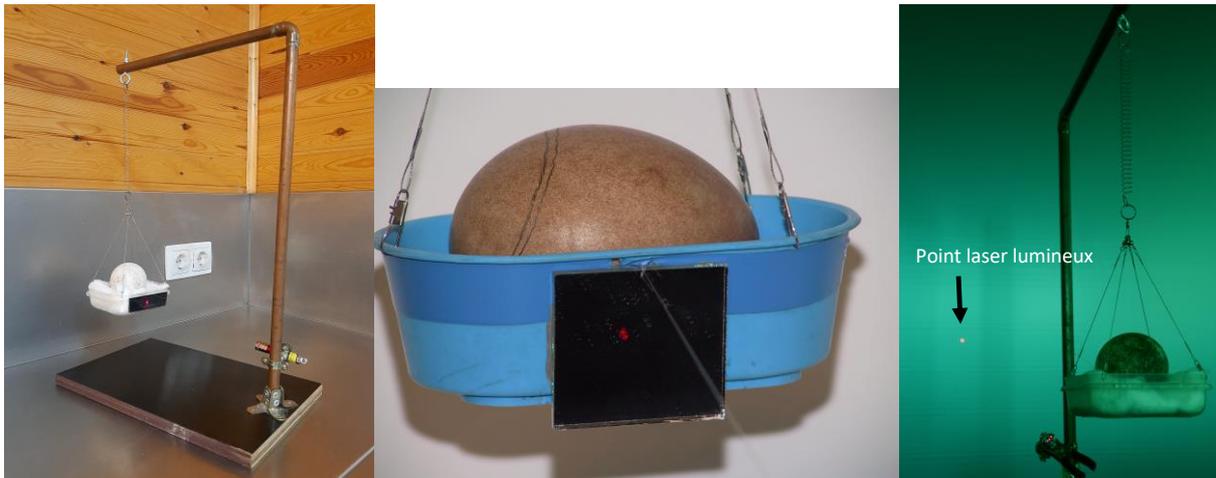
Le rythme cardiaque peut varier considérablement en fonction de l'activité de l'embryon (s'il est endormi ou éveillé). Dans les moments de forte activité (après un choc thermique, lorsqu'il vocalise dans la chambre à air, pendant le bêchage interne/externe ou l'éclosion), la fréquence cardiaque peut dépasser 300 battements par minute. Mais si ces fortes pulsations se maintiennent pendant des

périodes plus longues (dépassant même 400 battements par minute) et accompagnées de piailllements d'inconfort alors que le poussin est déjà dans la chambre d'air, ou inversement, si le rythme cardiaque et les mouvements de l'embryon diminuent progressivement et que le poussin ne vocalise plus, une intervention humaine est recommandée (voir paragraphe 3.4. Assistance humaine à l'éclosion).

Laseroscope

Une deuxième façon de déterminer si l'embryon est vivant dans les œufs pigmentés est d'utiliser le laseroscope. Le laseroscope permet de **détecter et de rendre plus perceptible les mouvements de l'embryon, en projetant ses mouvements à l'aide d'un faisceau laser** contre un mur situé à une certaine distance de l'appareil (Pichler, 2000). Plus la distance entre le laseroscope et le mur est grande, plus les mouvements de l'embryon sont visibles, la distance idéale étant d'environ 3 mètres. L'ensemble du processus doit être réalisé dans une pièce faiblement éclairée afin que la projection du faisceau laser soit mieux détectée.

Le dispositif se compose d'un panier dans lequel l'œuf est déposé. Le panier est lui-même attaché par une cordelette et un ressort à une structure solide. Le ressort doit être d'une élasticité telle que lorsque l'œuf est déposé dans le panier, il doit s'allonger d'au moins deux fois sa longueur. Cette structure solide comporte un pied situé à une certaine distance de l'endroit où est suspendu le panier. Sur ce pied se trouve un pointeur laser qui est projeté sur un miroir fixé à l'avant du panier. Une fois l'œuf déposé, le panier a tendance à se déplacer légèrement le long du ressort, comme un pendule. Ensuite, chaque fois que l'embryon bouge, ses mouvements sont transférés au panier et donc au miroir sur lequel le faisceau laser est projeté. Pour minimiser l'effet de pendule, un fil de pêche peut être relié au panier et au pied de l'appareil. Les mouvements de l'embryon sont reconnaissables par les changements soudains de direction de la projection du laser sur le mur (différents du mouvement de pendule régulier). Ces changements peuvent être de plus ou moins grande amplitude, comme de petits sauts. Dans le cas d'un œuf infertile ou avorté, ces changements n'apparaissent pas et le mouvement du pendule disparaît également à la fin, laissant un point lumineux fixe sur le mur. **Avec l'expérience et la connaissance de son propre appareil** (les laseroscopes ne sont pas commercialisés et chacun connaît sa sensibilité en fonction du ressort utilisé), il est possible de **reconnaître la vitalité de l'embryon**. En général, **à partir de 35 jours d'incubation**, les mouvements sont très bien visibles avec le laseroscope. Cependant, **avec l'expérience, de légers mouvements peuvent être détectés dès 25 jours d'incubation**.



Laseroscope. L'image de gauche montre la conception de l'appareil, qui contient un panier attaché à la structure par des cordelettes et un ressort. À l'avant du panier se trouve un miroir qui reflète le faisceau laser provenant d'un pointeur laser fixé sur le pied de la structure face au panier. L'image du milieu montre le faisceau laser réfléchi par le miroir. L'image de droite montre la projection sur un mur du faisceau laser provenant du pointeur laser fixé à la structure et reflété dans le miroir fixé au panier dans une pièce faiblement éclairée (Pichler, 2000).

Résumé :

- ☞ **Le laseroscope amplifie les mouvements de l'embryon en les projetant à l'aide d'un faisceau laser contre un mur.**
- ☞ **A partir de 35 jours d'incubation, les mouvements sont bien visibles au laseroscope (à partir de 25 jours d'incubation avec de l'expérience).**
- ☞ **Avec de l'expérience, il est possible de reconnaître la vitalité de l'embryon.**

Radiographie

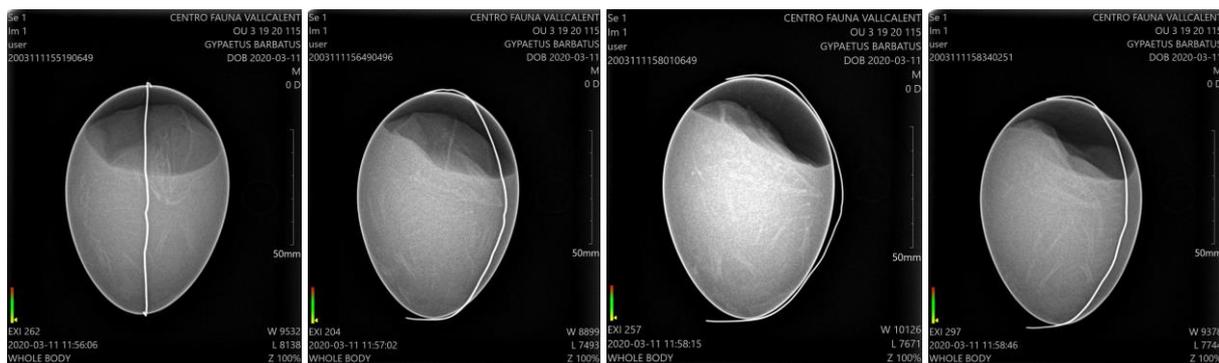
Dans les cas où le poussin ne traverse pas la chambre d'air ou n'écloie pas, il est recommandé de procéder à une radiographie pour déterminer l'emplacement de la tête et écarter la possibilité d'un mauvais positionnement. Pour évaluer correctement la position de la tête du poussin, il est nécessaire de prendre 4 radiographies dans des plans différents, en tournant l'œuf dans son grand axe de 45° à chaque fois. Pour faciliter l'analyse des radiographies et connaître le positionnement de l'œuf, il est recommandé de fixer un fil en métal le long de l'axe long de l'œuf à l'aide de ruban adhésif aux deux extrémités de l'œuf. Le fil doit être fixé à l'endroit où se trouve la progression maximale de la chambre d'air. Ce protocole a été rédigé et est utilisé au zoo de Los Angeles pour le Condor de Californie (communication personnelle Chandra David, 2017) :

1. Sur la première radiographie, le fil est placé verticalement de haut en bas et toute rotation doit être effectuée dans le sens des aiguilles d'une montre.
2. La deuxième vue est prise avec le fil tourné de 45°.

3. La troisième vue est obtenue en tournant à nouveau l'œuf de 45°.
4. Sur la dernière vue, l'œuf subit une rotation supplémentaire de 45°.

Les réglages des rayons X pour les œufs de Gypaète barbu sont les suivants :

- 46kV
- 100 mA
- 63mS



Radiographies d'un œuf de Gypaète barbu incubé depuis 50 jours. Pour évaluer la position de la tête du poussin, quatre radiographies sont nécessaires, en tournant l'œuf de 45° dans le sens des aiguilles d'une montre à chaque fois. Comme point de référence pour une rotation correcte, un fil doit être fixé à l'endroit où se trouve le déplacement maximal de la chambre d'air. Sur ces radiographies, on peut voir la position correcte du poussin de Gypaète barbu pendant le processus de déplacement de la chambre d'air. (Protocole utilisé pour le Condor de Californie, comm. pers. Chandra David, Los Angeles Zoo 2017).

3.3. Développement de l'embryon

Lors de l'incubation artificielle, il est très important de reconnaître le plus rapidement possible tout œuf infertile ou avorté afin de l'éliminer et d'éviter la contamination des œufs fertiles. Cependant, cela n'est possible qu'avec des œufs non pigmentés où le développement de l'embryon peut être surveillé dès le début de l'incubation. En revanche, pour les œufs pigmentés, il est possible de déterminer l'état des œufs à partir du 25^e jour d'incubation, en enregistrant les mouvements embryonnaires et le rythme cardiaque à l'aide du Buddy et du Laseroscope. Le mirage de l'œuf (grâce à un ovoscope) peut également être fait pour les œufs pigmentés afin de suivre le déplacement de la chambre d'air et le bêchage interne, lorsque le poussin introduit sa tête dans la chambre d'air et commence à vocaliser.

En ce qui concerne le développement de l'embryon, **après six jours d'incubation**, pour les œufs non pigmentés, il est possible pour la première fois de déterminer si l'œuf est fertile ou non. À ce stade, on peut observer que **l'ombre du jaune d'œuf est devenue plus dense et a doublé de taille.**



Mirage d'un œuf non pigmenté. À gauche, un œuf incubé depuis quatre jours. À droite, un œuf incubé depuis six jours, où l'on peut voir que l'ombre du jaune est devenue plus dense et a doublé de taille, ce qui indique que l'œuf est fertile (jour de ponte = jour 0).

C'est à sept jours d'incubation que l'on peut observer pour la première fois **le disque germinatif et les premiers vaisseaux**. Par la suite, il est possible de suivre **la croissance du système vasculaire en moyenne jusqu'au 13^{ème} jour d'incubation**, moment où la courbure de l'œuf ne permet pas de suivre sa croissance (voir ci-dessous).

Jours d'incubation	6 ^{ème}		7 ^{ème}		8 ^{ème}		9 ^{ème}		10 ^{ème}		11 ^{ème}		12 ^{ème}		13 ^{ème}	
Croissance des vaisseaux		L		L		L		L		L		L		L		L
Taille en cm	Non visible		1,74	2,18	2,93	3,37	3,69	4,38	4,45	5,65	5,25	6,69	5,90	7,39	6,10	6,30

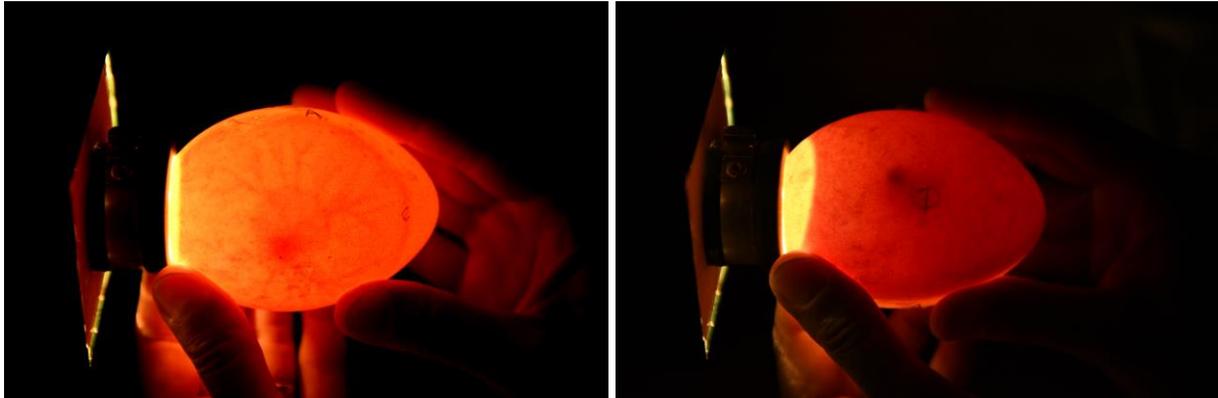
(l) : largeur ; (L) : longueur



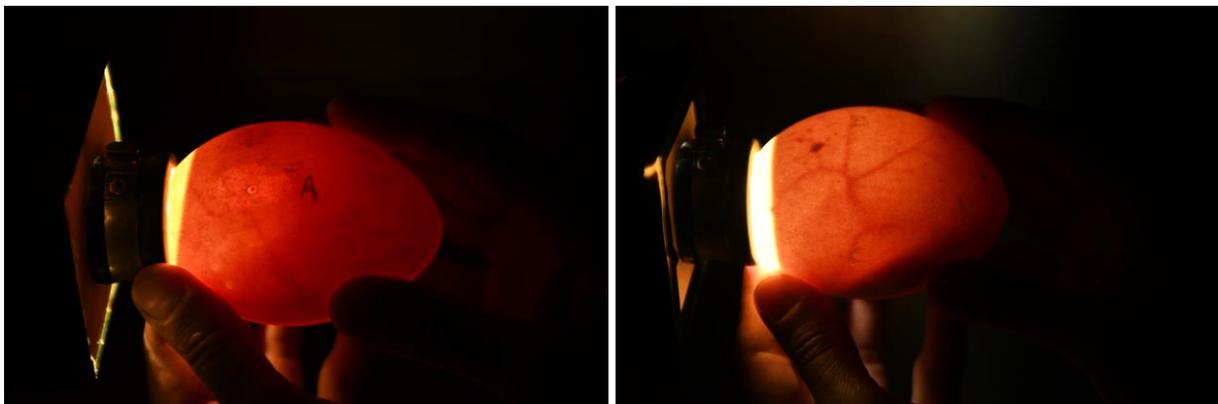
A gauche : croissance du système vasculaire du 8^{ème} au 13^{ème} jour d'incubation.

A droite : croissance du système vasculaire du 7^{ème} au 12^{ème} jour d'incubation.

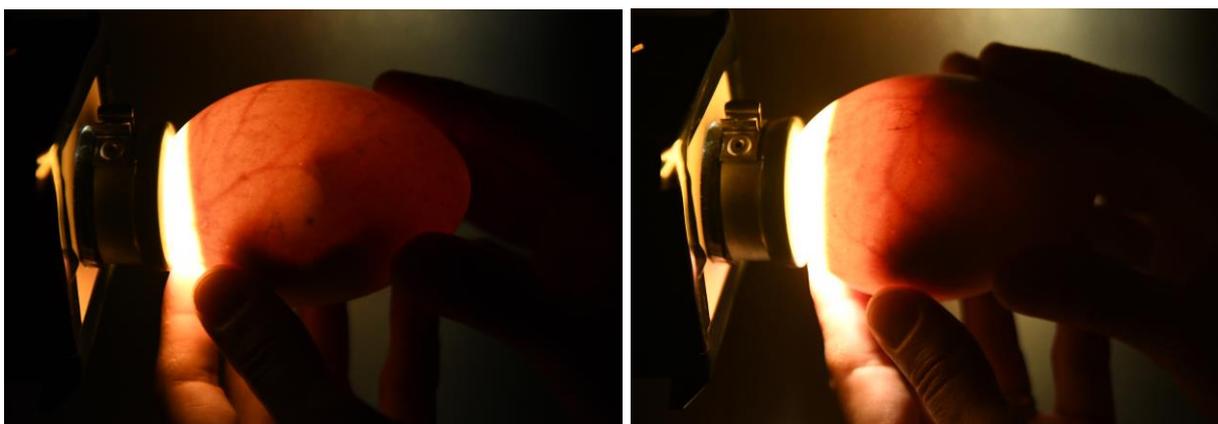
Par la suite, la croissance des vaisseaux sanguins dans le plan secondaire rend le tout plus diffus. Dans certains cas, il peut être difficile de visualiser les vaisseaux sanguins jusqu'aux alentours du 21^e jour d'incubation où quelques vaisseaux importants apparaissent. Plus tard, la croissance de l'embryon peut être visualisée.



À gauche : 14^{ème} jour d'incubation, où les vaisseaux et la croissance de l'embryon sont bien visibles dans les œufs non pigmentés. **À droite** : 19^{ème} jour d'incubation. En raison de la croissance du système vasculaire dans le plan secondaire, tout devient plus diffus et seul l'embryon peut être visualisé.



À gauche : 21^{ème} jour d'incubation, les principaux vaisseaux sont visibles. **À droite** : 28^{ème} jour d'incubation. L'embryon avec ses appendices et ses vaisseaux sanguins peut être bien identifié.



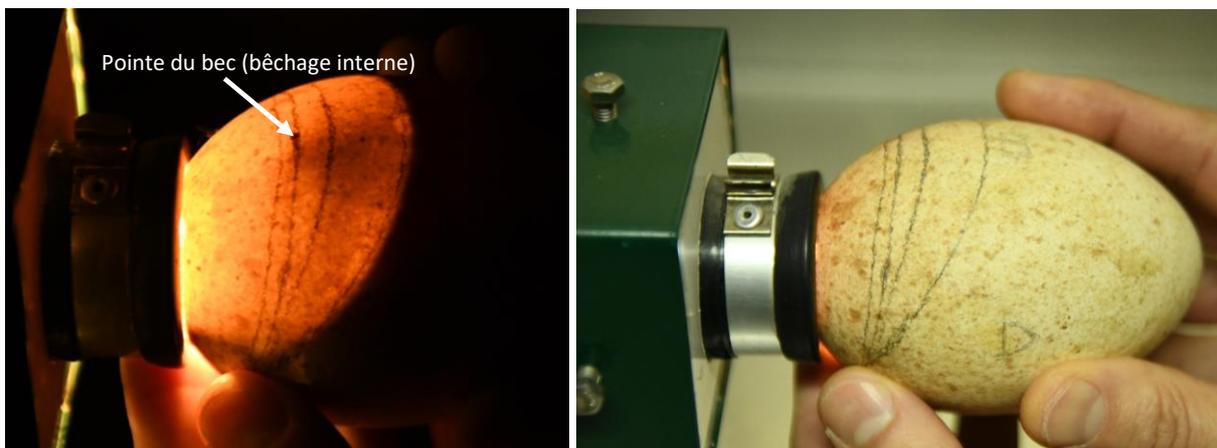
À gauche : 35^{ème} jour d'incubation et **à droite** : 42^{ème} jour d'incubation. On peut voir comment l'embryon augmente de taille.

Entre le 43^{ème} et le 46^{ème} jour d'incubation, la chambre d'air commence à se déplacer et il peut s'écouler entre 6 et 9 jours avant que le poussin ne traverse la chambre d'air (bêchage interne) et ne commence à vocaliser (généralement entre le 48^{ème} et le 51^{ème} jour d'incubation). Le déplacement total de la chambre d'air peut varier d'un peu moins de 20 mm à environ 35 mm.



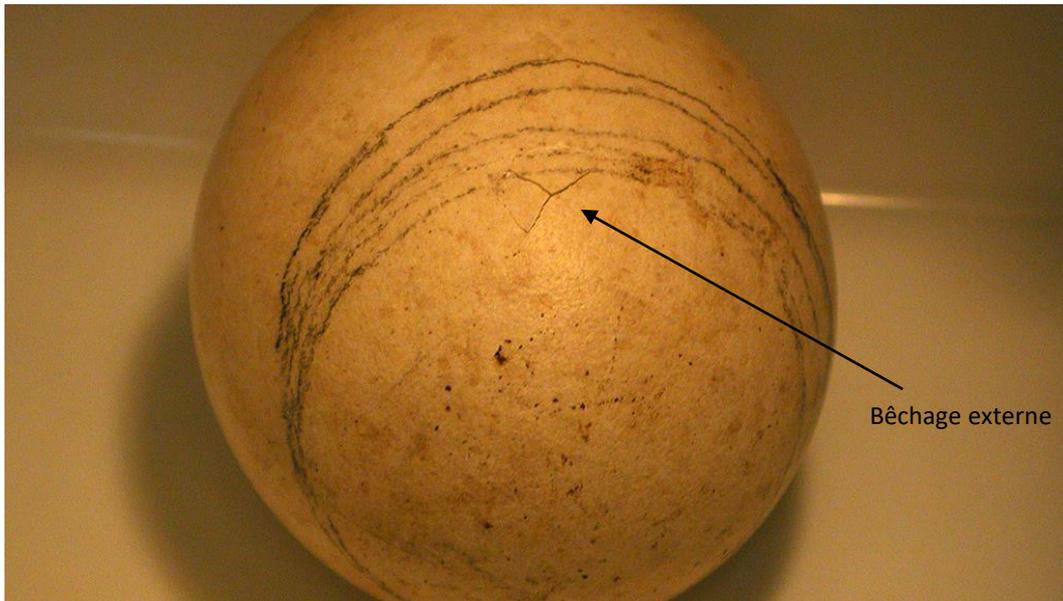
49^{ème} jour d'incubation, le cinquième jour de déplacement de la chambre d'air. Le déplacement de la chambre d'air a commencé au 45^{ème} jour d'incubation. En six jours, la chambre d'air s'est déplacée au total de 34,6 mm.

En moyenne, entre le 48^{ème} et le 51^{ème} jour d'incubation, le poussin traverse la chambre d'air, y introduisant le bec (**bêchage interne**). Ceci peut être parfaitement observé par mirage de l'œuf, que l'œuf soit pigmenté ou non.



Bêchage interne au 51^{ème} jour d'incubation. Le déplacement de la chambre d'air a commencé au 48^{ème} jour d'incubation. En trois jours, la chambre d'air s'est déplacée de 23 mm au total. Le poussin a éclos au 54^{ème} jour d'incubation.

Enfin, un à trois jours avant l'éclosion, le poussin bêche la coquille avec son diamant ou « dent de délivrance » (**bêchage externe**).



Par contre, dans les œufs infertiles, l'ombre du jaune n'augmente pas et reste toujours flottante lorsque l'œuf est tourné pendant le mirage. Dans les œufs putrides, la ligne de démarcation entre la chambre d'air et le reste de l'œuf reste toujours la même lorsque l'œuf est tourné pendant le mirage, à cause du liquide putride dans l'œuf. Enfin, dans les œufs avortés, on peut observer la disparition des vaisseaux sanguins et, si l'œuf était déjà au dernier stade de l'incubation, on ne peut plus enregistrer de mouvements ou de battements cardiaques. Plus tard, la membrane entre la chambre d'air et le reste de l'œuf se décompose et n'est plus nette et continue.

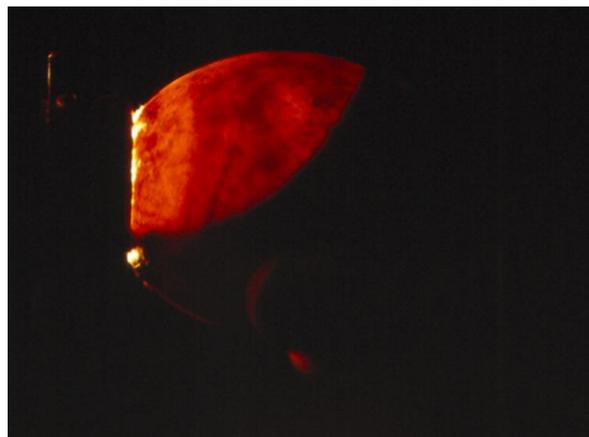


Photo de gauche : œuf infertile. L'ombre du jaune n'augmente pas et reste toujours flottante lorsque l'œuf est tourné pendant le mirage. **Photo de droite** : œuf putride. La ligne de démarcation entre la chambre d'air et le reste de l'œuf reste toujours la même lorsque l'œuf est tourné pendant le mirage, à cause du liquide putride contenu dans l'œuf.

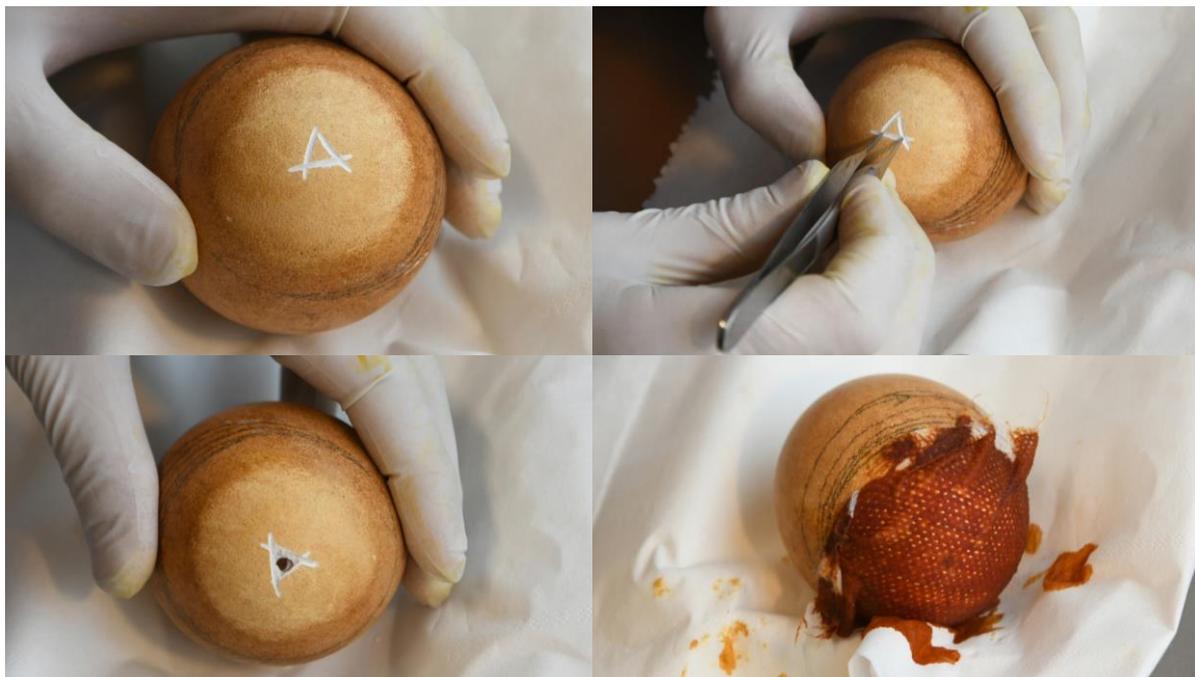
3.4. Assistance humaine à l'éclosion

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles un œuf fertile ne parvient pas à éclore. Cependant, dans certains cas, notamment lorsque l'embryon est sur le point d'éclore, il est possible d'intervenir et d'aider le poussin à survivre. À ce stade, les problèmes d'éclosion surviennent surtout lorsque :

1. le poussin est très gros et ne peut pas bouger la tête, ce qui l'empêche de faire le bêchage interne ou le bêchage externe,
2. si le poussin est trop faible et qu'il ne peut pas éclore,
3. si la membrane est restée collée au duvet (neoptile) en séchant, empêchant la rotation du poussin et la poursuite de l'éclosion, ou
4. si le poussin est mal positionné.

Dans le premier cas, lorsque le poussin est trop gros et qu'il ne peut pas faire le bêchage interne ou externe, on peut l'entendre émettre des piailllements d'inconfort de manière forte et fréquente au début. À ce stade, le Buddy permet de détecter un rythme cardiaque élevé et constant, dépassant même 400 battements par minute (à ne pas confondre avec les rythmes cardiaques élevés sporadiques qui se produisent lorsque l'embryon est actif, par exemple après un choc thermique, ou si l'embryon éveillé est très actif), ainsi que des mouvements intenses, témoignant de son inconfort. Au fur et à mesure que l'oxygène est consommé, le poussin s'affaiblit, son rythme cardiaque et ses mouvements diminuent progressivement jusqu'à ce qu'il cesse de vocaliser et que son rythme cardiaque se situe autour de 100 battements/min, voire en dessous. C'est le moment le plus tardif où une intervention humaine est nécessaire. Il en va de même pour un poussin faible qui n'a pas assez d'énergie pour assurer lui-même son éclosion. Avec le Buddy, nous observons des battements cardiaques très faibles.

Dans les deux cas, nous réalisons un trou carré de 1 à 1,5 cm de côté dans la coquille de l'œuf, au milieu de la chambre d'air. Si le poussin n'a pas fait le bêchage interne, mais qu'il piaille déjà et que les radiographies confirment son bon positionnement, le trou doit être fait dans la chambre d'air près de la membrane, ce qui nous donne la possibilité d'accéder à la membrane et de faire une ouverture sans endommager d'éventuels vaisseaux sanguins. En général, dès que le trou est fait, le poussin commence immédiatement à piailler plus fort. Ensuite, il faut recouvrir le trou de la coquille avec une gaze imbibée de Bétadine et remettre l'œuf dans la couveuse en gardant cette position pendant les 24 à 48 heures suivantes, en fonction de la réaction du poussin, du temps qu'il a passé à piailler dans l'œuf et de la date d'éclosion. Si nous sommes avant le 54^{ème} jour d'incubation, il y a assez de temps pour attendre. Si l'on approche des 60 jours d'incubation, il faut procéder à plusieurs contrôles, toutes les 2 à 4 heures, en enlevant à chaque fois un peu plus de coquille et en vérifiant si la membrane de l'œuf est déjà sèche. Ensuite, le trou dans la coquille doit être recouvert d'une gaze imbibée de Bétadine.



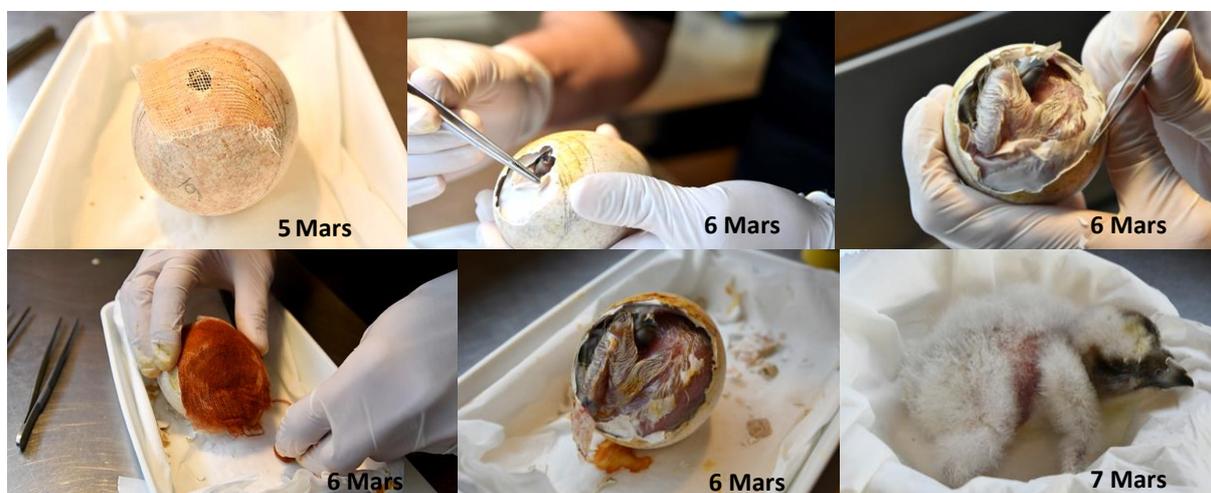
Le poussin BG 1045 a eu besoin d'une aide à l'éclosion car il piaillait continuellement d'inconfort. Le bêchage interne a eu lieu le 20 mars à midi. Le 21 mars, dès le matin, il a émis des piailllements continus d'inconfort avec des périodes de fréquence cardiaque > 400 battements/min. Après avoir désinfecté la coquille de l'œuf avec de la Bétadine, la coquille a été percée à l'aide d'un Dremel sans endommager la membrane, en retirant le morceau de coquille à l'aide d'une pince à épiler. Le tout a ensuite été recouvert d'une gaze imbibée de Bétadine. Immédiatement le poussin a cessé de piailler d'inconfort et le rythme cardiaque s'est stabilisé entre 133 et 240 battements/min. Le 22 mars, le poussin a fait le bêchage externe et un jour plus tard, il a éclos sans aide humaine.

Dans le troisième cas, lorsque le poussin est bloqué pendant l'éclosion en restant collé à la membrane, il émet des piailllements d'inconfort et présente un rythme cardiaque élevé. De plus, comme il ne peut pas tourner la tête dans l'œuf, le poussin ne peut qu'ouvrir un grand trou et/ou arrêter la progression de l'éclosion (voir les photos ci-dessous). Comme il n'a pas de problème respiratoire, le poussin ne s'affaiblit pas et ne s'arrête pas de piailler d'inconfort.



Deux exemples de poussins qui présentent des problèmes d'éclosion. **Photo de gauche** : le poussin a fait une large ouverture à l'endroit du bêchage externe car il ne peut pas tourner la tête. **Photo de droite** : le poussin a fait une large ouverture à l'endroit du bêchage externe et arrête d'éclore après avoir ouvert un tiers de la coquille de l'œuf. Dans les deux cas, le poussin a émis des piailllements d'inconfort de façon continue.

Dans ce cas, il faut enlever avec une pince à épiler les morceaux de coquille de l'extrémité large (plate) de l'œuf où se situe la chambre d'air. Dans cette zone, il n'y a pas de vaisseaux sanguins et un trou peut être ouvert pour localiser la position de la tête du poussin. Continuer ensuite à ouvrir lentement l'œuf et vérifier que les vaisseaux sanguins de la membrane sont déjà secs, en veillant à ne pas provoquer d'hémorragie. S'ils contiennent encore du sang, l'ouverture est recouverte d'une gaze imbibée de Bétadine et vérifiée à nouveau après 3-4 heures. Il est très important de ne pas retirer le poussin prématurément, car le sac vitellin n'est peut-être pas encore complètement absorbé. Rappelez-vous qu'en moyenne, 24 à 48 heures peuvent s'écouler entre le bêchage externe et l'éclosion.



Le poussin BG 1036 avait besoin d'une aide à l'éclosion car la membrane était collée sur son bec. Le bêchage interne a eu lieu le 3 mars à 15:00. Le bêchage externe a eu lieu le 4 mars à 21:00. Le 5 mars au matin, le poussin piaillait d'inconfort. Les morceaux de coquille cassée ont été enlevés et le trou a été recouvert de gaze imbibée de Bétadine. Le 6 mars, pendant la journée, la membrane collée au poussin a été enlevée progressivement, puis recouverte de gaze imbibée de Bétadine. Le 7 mars à 7h30, le poussin a éclos tout seul (Centre de Fauna Vallcalent, Lleida, Espagne).

Pour les poussins qui ne réagissent pas rapidement après l'ouverture et qui présentent des faiblesses, il est recommandé d'administrer immédiatement des antibiotiques, même s'ils ne sont pas encore extraits de l'œuf (voir chapitre 4.).

Résumé :

- ☞ Une aide humaine est nécessaire si le poussin ne s'arrête pas de piailler d'inconfort avec un rythme cardiaque >400 battements/min.
- ☞ Le dernier moment où une intervention humaine est nécessaire, c'est lorsque le rythme cardiaque et les mouvements du poussin diminuent progressivement jusqu'à ce que le

poussin cesse de vocaliser, et que son rythme cardiaque se situe autour de 100 battements/min et même en dessous.

- ☛ **Ne jamais extraire le poussin de l'œuf immédiatement après avoir ouvert un trou dans la coquille.** Il faut laisser du temps pour que les vaisseaux sanguins puissent se dessécher et que le poussin puisse absorber le sac vitellin.

4. ÉLEVAGE A LA MAIN DURANT LA 1^{ère} SEMAINE

Une fois le poussin sorti de l'œuf, son nombril et son cordon ombilical doivent être désinfectés avec de la Bétadine (iode). La désinfection doit être répétée toutes les 2 à 3 heures jusqu'à ce que le nombril soit complètement fermé et le cordon ombilical sec. Pendant les 5 à 10 premières heures, afin qu'il sèche, le poussin est laissé dans l'incubateur à 37,3°C - 37,5°C avec un taux d'humidité naturel. Ensuite, son premier duvet (néoptile) est frotté à l'aide d'une brosse à dents douce. En même temps, la température est réduite (par dixièmes de degrés) en fonction du comportement du poussin.



Si la température est trop basse, le poussin commence à piailler, essaie de se mettre dans un coin et peut avoir la diarrhée (les fèces sont blanches mélangées à des parties plus foncées, de consistance sablonneuse). Dès que la température est corrigée, le poussin reçoit du thé noir (1 à 2 ml en gouttes)

et n'est pas nourri pendant une courte période. En revanche, si la température est trop élevée, le poussin se met à piailler, se couche à plat ventre et halète. Il devient très nerveux et peut vomir. Une fois la température corrigée, le poussin reçoit une infusion à la camomille et n'est pas nourri pendant une courte période. Les vomissements et la diarrhée provoquent des problèmes de régulation thermique chez le poussin et il est parfois nécessaire d'augmenter la température de quelques dixièmes de degrés et, dans certains cas, de l'élever au-dessus de la température d'incubation artificielle. En outre, si la perte de liquide est excessive, il est nécessaire d'injecter du sérum^[2] par voie sous-cutanée. Lorsque la température est optimale, le poussin ne piaille pas (ou du moins il ne le fait qu'occasionnellement, par exemple avant d'excréter), il « rêve » et fait des mouvements comme s'il nettoyait son plumage. De plus, le poussin évacue en séparant complètement les fèces (solides et brunâtres) de l'urine (liquide blanc). Il est très important de couvrir le poussin avec un tissu pour qu'il s'habitue à être couvert plus tard par ses parents adoptifs. Le tissu doit être léger afin que le poussin ne surchauffe pas.



Photo de gauche : excrétion parfaite où la partie solide (fèces) et la partie liquide (urine) sont parfaitement différenciées, montrant que le poussin est à sa température idéale. **Photo de droite** : diarrhée, où les fèces et l'urine sont complètement mélangées. La température n'est pas adaptée aux besoins du poussin.

Néanmoins, pendant les premiers jours, jusqu'à ce que le système digestif fonctionne pleinement, la partie solide des premières excrétions est encore évacuée séparément (voir l'image de droite). Il faut attendre plusieurs jours avant que la partie solide (fèces) soit excrétée conjointement.



Les couveuses ou une lampe en céramique au dessus d'une boîte en plastique contenant le poussin, peuvent être utilisées comme sources de chaleur pour couvrir les poussins. Les deux techniques présentent des avantages et des inconvénients à prendre en considération. Néanmoins, dans les deux cas, un suivi régulier du poussin est nécessaire.

² Le cocktail contre la déshydratation pour un poussin : 0.2ml de Catosal (vitamine B12), 0.05ml de vitamine A, D3 et E (la première fois que le cocktail est administré, ces quantités doivent être multipliées par 4), 0.03ml de Methionine, 1ml de

glucose à 5% qui doit être dilué avec 3ml de solution « Ringer Lactate B.Braun » (solution pour perfusion). Ce cocktail doit être injecté en sous-cutané toutes les 2-3h dans la nuque du poussin.



Poussins élevés avec la technique de la lampe en céramique et de la boîte en plastique. Cette technique permet aux poussins de réguler eux-mêmes leur température en s'approchant ou en s'éloignant de la source de chaleur. Mais pour cela, il faut que les poussins soient suffisamment grands et forts pour se déplacer seuls. Pour les jeunes poussins, la lampe doit être remontée ou abaissée en fonction des besoins en température de chaque poussin (Centro de Cría Guadalestín).

Les couveuses fournissent une température stable, indépendante des éventuelles fluctuations de température dans la salle de couvain. Mais elles n'offrent pas la possibilité au poussin de se réguler lui-même, en se rapprochant ou en s'éloignant de la source de chaleur en fonction de ses besoins. La technique d'élevage avec une lampe en céramique et une boîte en plastique est une méthode parfaite pour les poussins de quelques jours dont les besoins en chaleur varient constamment en fonction de la prise de nourriture. En général, après le repas, en raison de la grande quantité de nourriture ingérée, ils ont besoin d'une température plus basse en raison du processus de digestion. Mais à l'approche de la nuit ou du petit matin, lorsque le tube digestif est vide, une température plus élevée est nécessaire et le poussin peut s'approcher seul de la source de chaleur. Mais pour cela, il faut que le poussin soit suffisamment grand et fort pour se déplacer seul. Pour les jeunes poussins, la lampe doit être montée ou baissée en fonction des besoins en température de chaque poussin.

La mortalité des poussins survient généralement au cours des premiers jours suivant l'éclosion, les principales causes étant une régulation inadéquate de la température lorsque le comportement du poussin n'est pas compris ou correctement interprété, la septicémie (le poussin meurt pendant ou quelques heures après l'éclosion) et l'infection du sac vitellin (le poussin meurt environ une semaine après l'éclosion). Les poussins faibles ou ceux qui semblent vouloir vomir (et ceux qui doivent être

extraits de l'œuf) peuvent être atteints d'une infection du sac vitellin. Dans ces cas, nous les traitons avec un antibiotique : Enrofloxacin 2.5% : 0,1 ml / 2x / jour pendant 3 jours, maximum 4 jours. Attention, les Gypaètes barbus sont très sensibles aux médicaments. **L'enrofloxacin est l'antibiotique recommandé pour les Gypaètes barbus (tous âges confondus).**

Le 1^{er} repas est donné lorsque le poussin réclame de la nourriture (en général 10-24 heures après l'éclosion), mais pas avant qu'il n'ait déjà excrété ses premières fèces (méconium, de couleur verdâtre). Les poussins vigoureux sont nourris à l'aide d'une pince placée devant le bec. Ces oiseaux peuvent prendre la nourriture eux-mêmes. Néanmoins, certains d'entre eux présentent encore un œdème naturel à l'arrière du cou et ne peuvent pas tenir leur tête en l'air pendant longtemps. Cet œdème disparaît au deuxième ou troisième jour et, à partir de ce moment, les poussins peuvent tenir leur tête en l'air. C'est pourquoi, lors du premier nourrissage, il faut aider les poussins à soutenir leur tête (voir l'image ci-dessous). Au cours des premiers jours, les poussins robustes sont nourris toutes les 3 heures (uniquement pendant la journée). Il est important d'observer le jabot, qui doit être vide avant de le nourrir à nouveau. Les morceaux de nourriture doivent mesurer de 3 à 5 mm. Plus tard, ils ne sont nourris que 3 à 4 fois par jour. Souvent, le poussin commence à trembler de froid et de fatigue après avoir mangé. Il est conseillé d'augmenter la température de la couveuse de 0,5 à 1°C pendant 15 à 30 minutes. Utilisez toujours des **plateaux préchauffés**, cela aide à maintenir la chaleur du poussin pendant le nourrissage.



Image de gauche : Les premières matières fécales excrétées, appelées méconium, sont composées de liquide amniotique, de mucus, de bile et de cellules provenant de la peau et du tractus intestinal.

Image de droite : 1^{er} repas après l'éclosion. A ce stade, le poussin n'est pas encore en mesure de tenir sa tête en l'air très longtemps et doit être assisté.



Poussin de 2 jours tenant déjà sa tête sans aide humaine.

Seuls les poussins faibles, après avoir été traités aux antibiotiques, **doivent être nourris de force** : la tête est tenue dans la main et des morceaux de nourriture de 3 à 5 mm sont introduits dans le bec. Le premier repas peut être donné 5 à 10 heures après l'éclosion ou l'extraction de l'œuf. Afin de ne pas les fatiguer davantage avec la digestion, il est recommandé de les nourrir avec un maximum de 1-2g et toutes les 2 heures, avec un nombre de repas par jour plus élevé que pour le reste des poussins en bonne santé. Les premiers repas peuvent être faits avec des tissus mous (muscle, cœur, foie) pour alléger la digestion. En général, ces poussins se rétablissent au bout de 2 à 3 jours et commencent à demander de la nourriture et à se nourrir comme des poussins plus forts. Les poussins faibles sont très sensibles aux changements de température, il est donc très important d'utiliser des plateaux préchauffés pour nourrir les poussins.

Les poussins sont nourris de jeunes rats/souris récemment tués (âgés jusqu'à une semaine), **dont les os ont été broyés et les intestins retirés**. Les rats/souris doivent **toujours être écorchés**, car un poussin de 5 jours a beaucoup de mal à régurgiter une pelotte après avoir été nourri avec une souris/un rat entier(e). Il est recommandé pour les premiers repas d'offrir des « bébés roses » (encore avec une peau rose et <5g). Au fur et à mesure que les poussins grandissent, on leur donne des rats/souris plus âgés (« fuzzies » : juvéniles qui n'ont pas encore ouvert les yeux mais ont développé un pelage). Un poussin fort de 5-6 jours peut déjà être nourri avec des souris sevrées. Les jeunes rats/souris doivent être coupés en morceaux de 3 à 5 mm avec des ciseaux et les morceaux doivent être bien mélangés avec la salive du soigneur. A tout âge, il est très important d'inclure des os dans leur alimentation pour éviter le rachitisme.

Le poids à l'éclosion d'un poussin de Gypaète barbu est d'environ 150,9 g en moyenne (n= 270 poussins). Comme chez les autres rapaces, le poussin perd du poids le deuxième jour. Chez le Gypaète barbu, cette perte représente 4,44% du poids corporel et le poids de naissance n'est pas récupéré avant le troisième ou le quatrième jour. La croissance quotidienne moyenne au cours des deux premières semaines de vie est de $10,4 \pm 2,02$ % du poids. Les besoins quotidiens en tissus mous augmentent rapidement, passant de 10 % à 25-30 % du poids du poussin.

Tab. : Poids moyen matinal en grammes et quantité de nourriture nécessaire en % du poids des poussins

JOUR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	14	21	28	40	60	120
Poids	150	145	147	157	171	186	204	223	244	268	421	930	1400	2500	5000	5500
%	1	11	19	20	25	25	25	+30	+30	+30	+30	+30	+30	25	10	10

Résumé :

- ☞ Immédiatement après l'éclosion, désinfecter le nombril et le cordon ombilical avec de la "Bétadine" (iode) et le maintenir dans la couveuse à la même température et avec un taux d'humidité naturel.
- ☞ Dès que le premier duvet (néoptile) est sec, le frotter avec une brosse à dents douce et réduire la température de 0,5°C.
- ☞ Les poussins de Gypaètes barbus sont très sensibles à la température. Tout écart de température peut entraîner la perte du poussin. Portez une attention particulière au comportement du poussin et à la forme de ses excréments afin d'ajuster la bonne température.
- ☞ 1^{er} nourrissage pas avant 10-24h après l'éclosion, mais pas avant qu'il n'ait déjà excrété ses premières fèces (méconium).
- ☞ Les poussins faibles doivent être nourris de force.
- ☞ Les poussins sont nourris avec de jeunes rats/souris récemment tués et écorchés, dont les os ont été broyés et les intestins retirés. Les morceaux de nourriture sont toujours mélangés à la salive des soigneurs.
- ☞ **Ne pas nourrir uniquement avec de la viande. Les poussins seront atteints de rachitisme.**

5. ADOPTION

Il est bien connu que les Gypaètes barbus élevés à la main - en particulier les mâles - ne sont pas capables de se reproduire avec leurs congénères lorsqu'ils atteignent leur maturité sexuelle, et qu'ils sont donc inutiles pour les lâchers. En outre, le processus d'imprégnation de l'espèce commence à l'âge de 14 jours, et il est nécessaire de rendre le poussin à ses parents biologiques ou adoptifs avant cet âge pour assurer l'imprégnation par ses congénères. Néanmoins, à partir d'une semaine, le poussin commence à prendre conscience de la personne qui le nourrit. C'est pourquoi il est recommandé de faire adopter le poussin vers l'âge de sept jours et/ou avec un poids de 200g. Lors d'adoptions ultérieures, les poussins peuvent réagir de manière agressive contre les adultes, et les adultes, s'ils n'ont pas l'expérience de l'élevage, peuvent réagir de manière agressive avec des conséquences fatales pour le poussin. **L'adoption ne doit se faire que si le poussin peut tenir sa tête en l'air et qu'il peut prendre facilement la nourriture avec son bec dans le bec de l'adulte.**

5.1. 1^{ère} option

5.1.1. Adoption simple

Une fois que le poussin est prêt à être adopté, **l'adoption doit se faire uniquement par des couples qui couvent**, jamais par des couples qui ont cessé de couvrir. En interrompant le cycle de reproduction, ils perdent la stimulation à élever un poussin et, en règle générale, réagissent de manière agressive ou ignorent, voire tuent le poussin. Chaque année, des efforts considérables sont déployés pour s'assurer que tous les poussins soient élevés naturellement, ce qui nécessite de transférer les poussins à travers l'Europe entre les partenaires EEP où des couples adoptifs/expérimentés sont disponibles.

Pendant le processus d'adoption, avant que le poussin ne soit placé dans le nid, il est conseillé d'enlever la ponte/les œufs factices. Seuls certains couples n'acceptent pas ce changement brutal, et dans ces couples, il est recommandé de faire adopter le poussin avec un seul œuf dans le nid (toujours enlever le second). Chez les couples expérimentés, les adultes adoptent généralement le poussin immédiatement, en s'approchant par derrière, en s'allongeant sur lui avec précaution et en ignorant toute réaction agressive de la part du poussin.

Chez les couples inexpérimentés, cependant, le processus d'adoption peut prendre jusqu'à plusieurs heures, l'adulte essayant prudemment de se coucher sur le poussin, se relevant à chaque fois que celui-ci réagit de manière agressive. Dans la plupart des cas, l'adoption est réussie lorsque le poussin, épuisé, cesse de donner des coups de bec à l'adulte et qu'une fois couvé par ce dernier, il ressent sa chaleur.



Adoption d'un poussin de six jours par un oiseau reproducteur expérimenté. L'oiseau expérimenté s'approche pas à pas derrière le poussin, jusqu'à ce qu'il s'allonge sur lui, en ignorant toute réaction agressive de la part du poussin. Pendant l'adoption, de la nourriture sans fourrure doit toujours être proposée sur le bord du nid. De cette façon, l'adulte peut s'approcher du poussin qui piaille avec de la nourriture dans son bec et effectuer l'adoption plus calmement.

Cependant, les poussins ne sont souvent pas suffisamment nourris durant les premiers jours, et il est nécessaire de les nourrir à la main au moins une fois par jour, de préférence une heure avant le crépuscule. Lorsque le poussin est adopté par un couple inexpérimenté, il est souvent nécessaire de prolonger les nourrissages supplémentaires jusqu'à ce que les adultes apprennent à nourrir correctement le poussin (suivre le protocole de contrôle du nid ; voir paragraphe 2.). Il y a des cas où l'adoption n'est pas terminée même après 2 ou 3 semaines (les poussins ne sont généralement pas nourris correctement). Dans ce cas, il est nécessaire de transférer le poussin à un autre couple. Tous les oiseaux adultes, au moment de l'adoption, s'excitent lorsqu'ils entendent le poussin piailler parce qu'il a froid, qu'il est dans une situation d'inconfort ou qu'il a faim (la sclérotique des adultes se gonfle et leur rythme cardiaque s'accélère) et ils commencent également à saliver. Ce flux de salive a également été observé chez d'autres oiseaux qui se reproduisent pour la première fois et il s'agit d'un réflexe inné conditionné aux piailllements du poussin, étant donné qu'il ne se produit pas lorsque le poussin est visible mais qu'il ne piaille pas.

Au début, les oiseaux inexpérimentés tenteront de donner au poussin de la nourriture (gros os) ou des morceaux d'une taille inadaptée à l'âge du poussin. C'est pourquoi il est essentiel de surveiller quotidiennement le poids du poussin pour déterminer si le processus d'adoption se déroule correctement.

Néanmoins, il existe plusieurs points à prendre en compte pour augmenter les chances de réussite de l'adoption :

- L'adoption doit se faire au **moment le plus chaud de la journée**, en fin de matinée ou en milieu de journée. Ceci est important pour éviter que le poussin ne souffre d'hypothermie au cas où les parents adoptifs prendraient trop de temps pour le réchauffer (en particulier les couples adoptifs inexpérimentés).
- **Ne jamais procéder à l'adoption par temps de pluie**, car les parents adopteraient avec un plumage mouillé, ce qui pourrait provoquer une hypothermie chez le poussin.

- Le poussin doit toujours **être nourri au maximum avant l'adoption**. Un poussin rassasié a ainsi l'envie de dormir et réagit moins agressivement, et avec un jabot plein, il est plus difficile pour lui de lever la tête pour donner des coups de bec agressifs contre les adultes.
- Offrir plusieurs morceaux **de nourriture sur le bord du nid**. En particulier chez les couples inexpérimentés, la présence de nourriture et les piailllements du poussin leur donnent l'occasion de décharger leur excitation avec de la nourriture, et ils peuvent s'approcher du poussin avec de la nourriture dans le bec et effectuer l'adoption plus calmement.
- L'ensemble du **processus d'adoption doit être surveillé** à distance, mais suffisamment près pour pouvoir agir rapidement au cas où les adultes réagiraient de manière agressive et commenceraient à donner des coups de bec au poussin de manière répétée ou à le soulever avec leur bec. L'idéal est qu'une personne surveille par le biais de caméras de surveillance et qu'une deuxième personne soit cachée près de la volière, en contact téléphonique permanent avec la personne qui se trouve devant les caméras.

Résumé :

- ☞ **L'adoption doit être effectuée uniquement par des couples qui couvent.**
- ☞ **L'adoption doit se faire au moment le plus chaud de la journée.**
- ☞ **Le poussin doit être nourri au maximum avant l'adoption.**
- ☞ **Des contrôles de poids dans le nid doivent être effectués pour déterminer si le processus d'adoption se déroule correctement.**
- ☞ **Ne jamais faire l'adoption les jours de pluie.**

5.1.2. Adoption multiple

Il arrive qu'il y ait plus de poussins que de parents, ce qui oblige certains couples à élever deux poussins en même temps. En raison du comportement de « caïnisme » des poussins de Gypaète barbu, il n'est pas possible d'adopter plus d'un poussin dans le même nid. Il est essentiel que les deux poussins n'aient aucun contact physique et qu'ils soient séparés avec uniquement un contact visuel. Cette séparation empêche un adulte seul de couvrir les deux poussins en même temps, ce qui oblige à les confier à des couples différents pendant la période où ils ont encore besoin d'être réchauffés. Dès que l'un des deux poussins a atteint l'âge d'un mois et qu'il a commencé à se thermoréguler, alors qu'il a été élevé seul par un autre couple depuis l'âge d'une semaine, une double adoption peut avoir lieu. Il est conseillé de procéder à une double adoption avant que les fourreaux des plumes de vol n'apparaissent sur le poussin le plus âgé (environ 35 jours), car ils sont parfois rejetés par les adultes en raison de leur différence d'apparence. Dans un premier temps, si les nuits sont très froides et que les adultes ne couvent pas le poussin le plus âgé dans le nid supplémentaire, il est nécessaire de le

retirer avant la tombée de la nuit afin qu'il passe la nuit à l'intérieur, sans contact avec l'Homme. Tôt le matin, le poussin est remis dans le nid supplémentaire. A partir de 45 jours, les poussins sont déjà capables de supporter des nuits glaciales sans être réchauffés par les adultes.

En conclusion, **les poussins lors d'une double adoption**, comme l'échange de poussins entre couples, **doivent de préférence se ressembler le plus possible**, car de grandes différences entre eux (taille, présence de duvet ou de plumes, etc.) peuvent amener les adultes à ne pas aimer et à rejeter le poussin proposé.

La double adoption peut se faire dans le même nid divisé en deux parties à l'aide d'une planche de bois (si le nid est assez grand pour être divisé) ou un nid supplémentaire plus bas est installé à côté du nid principal (15 cm plus bas). Cette séparation (cloison de bois ou différence de hauteur) permet aux poussins de se voir mais les empêche de s'attaquer. Au fur et à mesure que les poussins grandissent, la séparation doit être surélevée afin que les poussins ne puissent pas passer par-dessus la cloison car ils se battraient entre eux. **En règle générale, le plus petit poussin est placé dans le nid principal et le plus grand dans le nid supplémentaire.** Cependant, tous les couples ne sont pas capables d'élever deux poussins à la fois, car ils ne savent pas lequel des poussins piailler pour être nourri. Dans ce cas, il est parfois très efficace de séparer les adultes et chacun d'eux s'occupe d'un poussin. Dès que les poussins quittent le nid et commencent à explorer la volière, la barrière peut être enlevée. Les Gypaètes barbuis juvéniles sont retirés de la volière de leurs parents quelques mois avant le début du prochain cycle de reproduction (généralement en août). De cette manière, les poussins sont assurés d'un développement naturel et les problèmes entre les poussins et les parents sont évités lorsque le prochain cycle de reproduction commence (ils s'attaquent souvent violemment les uns les autres), ce qui peut inhiber le cycle de reproduction.



Double adoption. Photo de gauche : à droite de la photo, un poussin de 15 jours est placé dans le nid principal. À gauche de l'image, le poussin de 24 jours est transféré dans le nid supplémentaire. **Photo du milieu :** au fur et à mesure que les poussins grandissent, la barrière doit être surélevée afin d'éviter tout contact physique, car ils se battraient entre eux. **Photo de droite :** les deux poussins ont déjà pris leur envol et il est possible d'enlever la barrière (photos du CC Guadalentín).

Grâce à la double adoption, il devient possible pour deux couples qui élevaient chacun un poussin d'âge similaire d'élever finalement trois poussins en transférant l'un de ces deux poussins à l'autre couple (double adoption). Cela permet au couple auquel le poussin a été retiré d'adopter un troisième poussin. Et ainsi de suite, de sorte qu'un centre disposant d'un certain nombre de couples reproducteurs puisse élever deux fois plus de poussins. En outre, dans certains cas, il est possible

d'adopter plus de deux poussins dans le même couple, à condition que les poussins soient séparés les uns des autres. Il est même possible de séparer le couple et de laisser chaque adulte élever seul deux poussins en procédant à une double adoption comme décrit ci-dessus. Dans tous les cas, il est très important de suivre de près le développement de chaque poussin, car il arrive que les adultes, soumis à une forte pression, ne nourrissent pas correctement les poussins. En cas d'adoptions multiples, dès que les **poussins ont plus de 45 jours**, il est recommandé de **leur offrir de la nourriture hachée supplémentaire** afin de garantir un apport alimentaire quotidien adéquat.

Résumé :

- ☞ Une double adoption peut être réalisée dès qu'un des poussins a commencé à se thermoréguler (vers l'âge d'un mois). Ce poussin doit avoir été élevé auparavant en tant que poussin unique au sein d'un autre couple.
- ☞ Les poussins destinés à une double adoption doivent de préférence se ressembler le plus possible, car de grandes différences entre eux (taille, présence de duvet ou de plumes, etc.) peuvent inciter les adultes à ne pas aimer et à rejeter le poussin proposé.
- ☞ Le poussin le plus âgé (4 semaines) est introduit dans le nid supplémentaire et le plus jeune est introduit dans le nid principal.
- ☞ Jusqu'à l'âge de 45 jours, portez une attention particulière aux températures nocturnes. Si les adultes ne couvent pas le poussin plus âgé et que les nuits sont glaciales, le poussin doit passer la nuit à l'intérieur sans contact humain.
- ☞ Toujours veiller à ce que la séparation entre les deux nids empêche tout contact physique entre les poussins.
- ☞ La séparation peut être retirée dès que les poussins ont pris leur envol.
- ☞ Dès que les poussins ont plus de 45 jours, il est recommandé de leur offrir de la nourriture hachée afin de garantir une consommation quotidienne suffisante.
- ☞ Il est très important de suivre de près le développement de chaque poussin.

5.2. Autres options

Comme cela a déjà été mentionné, chaque année des efforts considérables sont déployés pour s'assurer que tous les poussins âgés d'une semaine ou plus soient élevés naturellement. Il est donc parfois nécessaire de transférer les poussins entre les partenaires du réseau EEP où des couples adoptifs/expérimentés sont disponibles, dans le but d'une adoption unique ou multiple. Rappelez-vous que les Gypaètes barbus élevés à la main ne sont pas capables de se reproduire avec leurs congénères lorsqu'ils atteignent leur maturité sexuelle, et qu'ils sont donc inutiles pour les lâchers.

Avec les restrictions de la pandémie de Covid19 que nous avons subi en 2020 et 2021, les frontières étant fermées à tout transfert, et les mouvements de personnes entre communes, régions et pays étant interdits, il était impossible de transférer des poussins pour l'adoption. Dans le contexte de cette situation exceptionnelle, l'implication de couples/oiseaux inexpérimentés dans l'élevage des poussins était nécessaire. Il a également fallu procéder à des adoptions doubles/triples en utilisant seulement un couple, ce qui a nécessité l'élaboration de **plans d'urgence spéciaux**. Il a donc fallu élaborer des protocoles spéciaux :

- Dans le cas où le couple manquait d'expérience en matière d'élevage et/ou avait cessé de couvrir, ce qui rendait l'adoption irréalisable, le **protocole de la « nest-box »** a été mis en œuvre.
- Dans le cas où le couple n'avait pas d'expérience dans l'élevage de deux poussins, le **protocole d'adoption double/triple** a été mis en œuvre.

5.2.1. Utilisation d'une « nest-box »

Ce protocole a été élaboré pour les couples qui ne sont pas en mesure d'adopter un poussin pour différentes raisons (ont cessé de couvrir avant l'adoption du poussin, n'ont pas d'expérience d'élevage, réagissent de manière agressive contre le poussin, etc.). Le poussin est introduit dans une boîte installée sur la plateforme du nid afin de maintenir un contact visuel avec ses congénères pendant toute la période d'élevage. Cela nécessite une plus longue période d'élevage artificiel sans contact visuel avec l'Homme.

Une boîte avec un nid à l'intérieur est construite sur la plateforme du nid dans le but que le poussin ait toujours un contact visuel avec ses parents, ce qui favorise l'imprégnation à son espèce. Pour éviter que les adultes n'entrent en contact physique avec le poussin et ne le blessent, la boîte elle-même doit être recouverte d'un grillage métallique soudé dont les mailles ne dépassent pas 2,5 cm. De plus, le grillage doit être doublé (installé à l'intérieur et à l'extérieur de la boîte), car dans le passé, deux poussins ont été tués par un oiseau adulte non reproducteur parce que les trous étaient trop grands et qu'il n'y avait pas de double grillage. **L'arrière doit être fermé pour empêcher de voir ce qu'il y a de l'autre côté et une petite porte permet de nourrir le poussin sans contact visuel avec l'Homme.** À l'intérieur de la boîte, un nid doit être installé et rempli de laine pour garder le poussin au chaud.

La procédure à suivre est la suivante :

1. Pendant les 7 à 10 premiers jours (en fonction de la température extérieure), le poussin doit être gardé à l'intérieur et nourri sans contact humain.

2. Ensuite, le poussin doit être placé dans la boîte pendant la journée et nourri derrière une barrière visuelle. Au début, pendant les heures les plus chaudes, et au fur et à mesure que le poussin grandit, le temps à l'extérieur s'allongent. Après 3 semaines, si les températures extérieures ne sont pas inférieures à 5°C, le poussin peut rester 24h/24 à l'extérieur. Il est recommandé de couvrir le poussin avec de la laine pour qu'il ait suffisamment chaud, surtout pendant la nuit. En cas de baisse de température, une **lampe chauffante** ou un **coussin chauffant** doit être installé pour garder le poussin au chaud. Il est très important de veiller à ce que le poussin ne puisse pas donner des coups de bec sur le fil électrique et être électrocuté.



3. Le nombre de nourrissages doit être réduit au minimum. Cela implique que la quantité de nourriture doit être plus importante (à l'âge de 3 semaines, le poussin reçoit 2 à 3 repas par jour). Il faut donc calculer la quantité de nourriture nécessaire chaque jour sur une base théorique. Pendant la période où le poussin passe la nuit à l'intérieur, il faut contrôler son poids pour suivre sa croissance. Dès que le poussin passe 24h/24 à l'extérieur, le contrôle du poids doit être évité autant que possible pour réduire le contact humain. A ce stade, les besoins alimentaires estimés sont calculés sur la base des tables de croissance du réseau EEP du Gypaète barbu (voir tableau p. 40).
4. À partir de la 3^e-4^e semaine, la nourriture doit être proposée dans une assiette, ce qui permet aux poussins d'apprendre à manger seuls. En général, lorsqu'ils ont atteint l'âge de 35-40 jours, ils sont capables de manger de la nourriture hachée sans aide.
5. Dès que le poussin est âgé d'environ 75 jours, on peut essayer de retirer la « nest-box », ce qui permet au poussin et aux adultes d'interagir. Cela ne doit se faire que sous un contrôle strict du comportement des adultes. Si les adultes réagissent de manière agressive, le poussin doit continuer à grandir dans la « nest-box » et une nouvelle tentative doit être effectuée 15 jours après. Au plus tard à l'âge de 4 mois, la « nest-box » peut être retiré. À cet âge, les poussins sont dominants et déjà assez forts pour se défendre contre les attaques éventuelles des adultes.

Expériences des zoos qui ont mis en œuvre ce protocole :

- *Parco Natura Viva (Italie)*

Le zoo Parco Natura Viva a mis en œuvre avec succès le protocole d'élevage avec la « nest-box ».

En 2019, le couple a produit son premier poussin, qui a été élevé par la femelle seule. Le mâle a été retiré de la volière juste avant l'adoption, car des combats entre partenaires ont été observés dès que le poussin a traversé la chambre d'air et a commencé à piailler, ce qui a nécessité le retrait de l'œuf pendant l'éclosion.

En 2020, après un mois d'incubation, des combats ont eu lieu, endommageant le deuxième œuf fertile. Par conséquent, le 26 février, deux jours après les combats, le premier œuf a été retiré pour être incubé artificiellement. Le poussin a éclos le 12 mars et a été élevé à l'intérieur sans contact visuel avec l'Homme jusqu'au 25 mars.



Le 25 mars, quand le poussin était déjà âgé de 13 jours, il a été introduit à midi dans la « nest-box » pendant 3 heures. Les jours suivants, de 10h à 16h et à partir du 29 mars, quand le poussin était déjà âgé de 17 jours, il a passé toutes les heures de la journée dans la « nest-box » et n'y a été nourri que trois fois par jour.

Dès que le poussin a eu 24 jours, il a passé pour la première fois 24h à l'extérieur. Le 26 mai, alors que le poussin avait 75 jours, la « nest-box » a été retiré et le poussin a été introduit directement dans le nid. Une heure plus tard, le poussin a commencé à quémander et il a fallu une heure de plus pour que la femelle commence à le nourrir.



Il faut noter que dès que le poussin a été introduit dans la « nest-box », il demandait toujours de la nourriture et la femelle était attentive et mangeait près de la « nest-box ».



Élevage avec la « nest-box » : Photo en haut à droite : Le personnel de Parco Natura Viva installe la « nest-box » sur la plateforme du nid. Photo de gauche : dès que le poussin a été introduit dans la « nest-box », la femelle a toujours été attentive au poussin et a mangé devant lui, essayant plusieurs fois de le nourrir à travers le grillage. Photo du milieu : Tant que le poussin n'était pas capable de prendre de la nourriture par lui-même, il a été nourri trois fois par jour à l'aide d'une marionnette, sans contact visuel avec l'Homme. Photo de droite : à l'âge de 75 jours, la « nest-box » a été retiré et la femelle s'est occupée du poussin (photos de Parco Natura Viva).

5.2.2. Cas des doubles ou triples adoptions

Ce protocole concerne l'adoption d'un deuxième/troisième poussin dans deux/trois nids, respectivement, en utilisant un seul couple. Ces poussins supplémentaires n'ont pas été élevés auparavant par un autre couple. Généralement, dans le cas d'une double ponte, le premier poussin éclot dans le nid et est élevé par ses parents, tandis que le deuxième éclot/est gardé dans la couveuse et adopté par un couple adoptif à l'âge de 7-10 jours. Dans des situations exceptionnelles où il n'est pas possible de déplacer les poussins pour les faire adopter, il est nécessaire de faire élever le deuxième poussin par ses parents. Le poussin supplémentaire n'a pas été élevé auparavant par un autre couple. Pour éviter l'imprégnation humaine, une fois que le deuxième poussin a plus de 7 jours, les poussins sont échangés quotidiennement jusqu'à ce que le premier poussin atteigne l'âge de 3-4 semaines, ce qui marque le moment d'une double adoption définitive. Cela nécessite une plus longue période d'élevage artificiel sans contact humain.

Pour cette technique, il faut construire un nid supplémentaire près du nid principal ou utiliser un grand nid et le diviser en deux (par exemple à l'aide d'un tronc en bois).

La procédure à suivre est la suivante :

1. Pendant les 7 à 10 premiers jours (en fonction de la température extérieure), le deuxième poussin doit être gardé à l'intérieur et nourri sans contact humain.
2. Dès que le deuxième poussin est âgé de 7 à 10 jours, les poussins sont échangés quotidiennement, en gardant toujours l'un dans le nid et l'autre à l'intérieur en alternance. **L'échange quotidien** a lieu dès que le poussin au nid a été nourri par les adultes. En même temps, le poussin qui est à l'intérieur le matin, avant d'être transféré au nid, n'est pas nourri artificiellement, même s'il réclame de la nourriture. Cela permet de réduire le nombre de nourrissages artificiels.
3. Dès que le premier poussin a atteint l'âge de 3-4 semaines (en fonction de la température extérieure), il est déplacé dans le nid supplémentaire et le deuxième poussin est introduit dans le nid principal.

4. C'est le moment crucial où les adultes doivent être très bien surveillés pour s'assurer qu'ils nourrissent suffisamment les deux poussins. Dans certains cas, dès que les poussins ont environ 40-45 jours, de la nourriture hachée peut être proposée dans une assiette. À cet âge, ils sont capables de commencer à manger seuls et cela permet de s'assurer que la quantité de nourriture ingérée quotidiennement est adaptée à l'âge des poussins, au cas où les adultes ne les nourriraient pas suffisamment.
5. Il est très important d'installer une planche de bois entre les deux nids dès que les poussins commencent à se déplacer (entre 40 et 50 jours) afin d'éviter qu'ils ne se battent entre eux. La hauteur de la planche est adaptée à la capacité de mouvement des poussins. N'oubliez pas que le « caïnisme » dure toute la durée du séjour au nid.

Expériences des zoos qui ont mis en œuvre ce protocole :

- *Green Balkans Recovery Centre (Bulgarie)*

Le Green Balkans Recovery Centre a mis en œuvre avec succès le protocole de double adoption.

En 2016, le couple reproducteur de Green Balkans a produit pour la première fois une double ponte et les deux œufs étaient fertiles. Le couple a élevé le premier poussin avec succès. Le second a été envoyé à RFZ pour adoption. Depuis, ils ont élevé un poussin chaque année, ayant suffisamment d'expérience dans l'élevage d'un seul poussin. Les deuxièmes poussins ont toujours été envoyés à un autre centre pour adoption.

En 2020, le couple a pondu une double ponte. Le 9 mars, le premier œuf a dû être retiré en raison de problèmes d'éclosion (poussin BG1067). Le 16 mars, alors que le poussin avait déjà 7 jours, il a été adopté par ses parents et le deuxième œuf a été retiré pour une éclosion artificielle. L'œuf avait déjà un trou inhabituellement grand, montrant à nouveau des problèmes d'éclosion, nécessitant une intervention humaine (poussin BG1078).

Le 25 mars, alors que le deuxième poussin était déjà âgé de 9 jours, il a été transféré en début d'après-midi dans le nid de ses parents et le poussin plus âgé a été retiré et transféré à l'intérieur. A partir de ce moment, chaque jour, le poussin dans le nid a été retiré après avoir été nourri par ses parents et remplacé par le poussin gardé à l'intérieur, qui a été nourri pour la première fois de la journée par ses parents. Le poussin gardé à l'intérieur a été placé dans une couveuse et nourri à l'aide d'une simple marionnette sans contact visuel avec les humains.



CH3 IP122 Gyp. barbatus nest ba



Photo ci-dessus : entre le 25 mars et le 3 avril, échange quotidien de poussins. **Photos de gauche et de droite :** le poussin à l'intérieur nourri avec une simple marionnette dans une couveuse sans contact humain (photos de Green Balkans).

Le 3 avril, alors que le premier poussin était âgé de 25 jours et le second de 18 jours, les deux poussins ont passé toute la journée à l'extérieur. Le poussin le plus âgé a été introduit dans le nid supplémentaire et le plus jeune dans le nid principal. Le plus jeune poussin a été retiré pendant la nuit seulement et n'a plus eu besoin d'être nourri par le personnel. Le 18 avril, alors que le deuxième poussin avait 33 jours et pesait 2 kg, il a passé la première nuit à l'extérieur. À ce moment-là, les parents ne couvaient plus les poussins, mais ils continuaient à les nourrir tous les deux.



CH3 IP122 Gyp. barbatus nest ba



Le 11 mai, le poussin le plus âgé a sauté par-dessus la planche de bois qui séparait les deux nids. Le lendemain, le poussin le plus âgé a été déplacé sur la plate-forme de droite où un troisième nid a été construit en urgence.

6. QUALITÉ ET QUANTITÉ DE NOURRITURE UTILISÉE DURANT L'ÉLEVAGE DES POUSSINS

6.1. Qualité de la nourriture donnée durant l'élevage des poussins

Les poussins sont nourris par les parents le jour de l'éclosion ou au plus tard le lendemain. Pendant les premiers jours, la nourriture se compose de petits morceaux de viande de la taille d'une lentille, dépourvus de peau, de poils ou de tissus durs, mélangés à de la salive. C'est ce qu'ont observé Thaler & Pechlaner (1979, 1980) chez le couple de l'Alpenzoo d'Innsbruck. Dans certains cas, certains repas des premiers jours de la vie du poussin sont constitués presque entièrement de salive. Cette utilisation de la salive a également été observée chez le Pygargue à queue blanche, le Grand-duc, le Pygargue à tête blanche et le Vautour fauve (Fentzloff, 1983 ; Wiemeyer, 1981 ; Mendelssohn & Marder, 1989). Ces auteurs mentionnent également le fait que la salive fournit au poussin du liquide pour étancher la soif, des enzymes qui aident à digérer la nourriture et du calcium pour favoriser la formation des os. Une étude réalisée sur des Hiboux Grands-ducs a montré que la quantité de calcium dans la salive augmentait pendant la période d'élevage des poussins (Fentzloff, 1983). Ceci explique pourquoi les poussins nourris artificiellement (à la main) avec le même régime que celui de leurs parents (uniquement de la viande) sont souvent atteints de rachitisme (Fentzloff, 1983 ; Thaler & Pechlaner, 1979, 1980 ; Wiemeyer, 1981).

D'une manière générale, le régime alimentaire des couples qui élèvent un poussin doit être le même que celui décrit ci-dessus (dans les "Recommandations concernant la qualité de l'alimentation"). Cependant, le régime alimentaire du poussin est principalement composé de tissus mous : 100 % de tissus mous pendant les quatre premières semaines et 70 % de tissus mous par la suite. Par conséquent, les oiseaux doivent disposer de quantités suffisantes de viande chaque jour. En outre, la nourriture doit être fraîche (non congelée et décongelée).

Les rats, les cochons d'Inde et les lapins pesant jusqu'à trois kilos, débarrassés de leur appareil digestif, constituent la meilleure nourriture à fournir pendant la période d'élevage des poussins. Les oiseaux

adultes préparent eux-mêmes la nourriture pour les poussins. Normalement, ils enlèvent la fourrure de la nourriture à l'extérieur du nid avant de la transférer dans le nid.

Il est bien connu que la plupart des pertes de poussins de Gypaètes barbus se produisent au cours des premiers jours de la vie du poussin. La deuxième^[3] cause principale de la mort des poussins est l'inanition due à la perte de vision causée par la fourrure de lapin collée dans les yeux du poussin. Pour comprendre ce problème, il est important de savoir que les poussins de Gypaètes barbus ne sont pas nourris de la même manière que les poussins d'autres rapaces, pour lesquels les adultes mettent la nourriture dans le bec du poussin. Au lieu de cela, les poussins de Gypaètes barbus doivent prendre la nourriture dans le bec de leurs parents. Cela signifie que si le poussin est trop faible (en raison de la malnutrition) ou s'il a des problèmes de vision (parce qu'il a de la fourrure de lapin collée dans les yeux), il ne pourra pas prendre la nourriture dans le bec de ses parents et finira par mourir de faim. Cette situation est encore plus fréquente lorsque les poussins sont élevés par un seul adulte, car celui-ci prépare la nourriture juste à côté du poussin. C'est pourquoi il est conseillé d'écortcher les lapins avant de les donner aux oiseaux pendant les trois premières semaines de la vie du poussin.

Au cours de cette période, il est nécessaire d'accorder une attention particulière aux yeux du poussin. Le contrôle du nid doit être effectué tous les 2 à 4 jours pendant les deux premières semaines de la vie du poussin, afin de s'assurer que les yeux du poussin sont propres et qu'il n'y a pas de fourrure collée dedans. Les caméras vidéo installées au dessus du nid permettent de vérifier l'état du poussin sans avoir à le faire en personne, ce qui peut perturber les oiseaux adultes.



Pendant les quatre premières semaines de sa vie, le poussin est nourri à 100 % de tissus mous. Pour éviter que les poussins ne meurent à cause des poils qui leur collent aux yeux, nourrissez-les avec des lapins écorchés pendant les trois premières semaines de leur vie.

Résumé :

- ☛ **Veiller à ce qu'une quantité suffisante de tissus mous soit disponible chaque jour. Pendant les quatre premières semaines de la vie du poussin, il est nourri avec 100 % de tissus mous. Par la suite, il est nourri avec 70 % de tissus mous.**

³ La principale cause de mortalité chez les poussins de Gypaètes barbus est l'infection du sac vitellin. La deuxième cause de mortalité est l'inanition causée par la perte de vision due à la présence de poils de lapin dans les yeux du poussin. Chez les couples inexpérimentés, une autre cause de mortalité principale est l'incapacité des parents à nourrir correctement le poussin.

- ☞ **Les rats, les cochons d'Inde et les lapins pesant jusqu'à trois kilos, débarrassés de leur appareil digestif, sont les meilleurs aliments à fournir aux oiseaux pendant la période d'élevage des poussins.**
- ☞ **Éviter d'offrir des lapins avec de la fourrure pendant les trois premières semaines de la vie du poussin. La fourrure peut se coller dans les yeux du poussin et provoquer sa mort.**
- ☞ **Éviter de nourrir principalement avec des aliments congelés pendant la période d'élevage des poussins.**

6.2. Quantité de nourriture donnée durant l'élevage des poussins

Le poids moyen d'un poussin de Gypaète barbu à l'éclosion est de 155,4 g (n= 164 poussins). Comme chez les autres rapaces, du poids est perdu dès le deuxième jour. Chez le Gypaète barbu, cette perte de poids s'élève à 4,47% du poids corporel total et le poids à l'éclosion n'est pas retrouvé avant le troisième ou le quatrième jour. En moyenne, les poussins prennent chaque jour environ 10 % de leur propre poids pendant les deux premiers mois de leur vie. Les besoins quotidiens en tissus mous augmentent rapidement, passant de 10 à 25 % du poids du poussin.

Un poussin d'une semaine pesant 200 g consommera donc 25 % de son propre poids corporel, soit environ 50 g, chaque jour. Cela équivaut à un rat sevré pesant 70-80g. La consommation augmente rapidement et quotidiennement, de sorte qu'une semaine plus tard, les besoins du poussin de deux semaines ont doublé. À l'âge de trois semaines, le poids du poussin peut avoir triplé par rapport à celui du poussin à deux semaines. À trois semaines, le poussin pèse environ 1 kg et consomme 250 à 300 g de nourriture par jour. Cela équivaut à un rat adulte (en âge de se reproduire), qui pèse environ 500 g avec la peau et les entrailles. À l'âge de 35 jours, le poussin atteint sa consommation maximale d'environ 500 g par jour, soit environ le double de celle d'un oiseau adulte. Pour ce faire, il faut lui donner au moins un lapin frais par jour. Ce niveau de consommation est maintenu jusqu'à ce que le poussin quitte le nid.

Il est très important d'augmenter progressivement la quantité de nourriture fournie au fur et à mesure que le poussin grandit, en gardant à l'esprit que pendant ses derniers mois au nid, un poussin peut manger un demi-kilo de nourriture par jour. La seule façon de savoir exactement quelle quantité de nourriture donner est d'observer la quantité de nourriture restante chaque jour ou d'augmenter la quantité si toute la nourriture a été mangée. La quantité de nourriture nécessaire à un couple élevant un poussin de plus d'un mois est donc de 1000-1200g par jour (soit environ 1500-1800 de poids brut).

Résumé :

- ☞ **Les poussins âgés de plus de 5 jours consomment quotidiennement 25 % de leur poids corporel.**

- ☞ **A l'âge de 35 jours, les poussins atteignent leur consommation maximale de nourriture de 500g/jour, qui est maintenue jusqu'à ce qu'ils quittent le nid.**
- ☞ **La quantité de nourriture consommée par un couple avec un poussin de plus d'un mois est de 1000 à 1200 g par jour.**

BIBLIOGRAPHIE

- CADE, T.J.; WEAVER, J.D.; PLATT, J.B. & BURNHAM, W.A (1977): The propagation of large falcons in captivity. *Raptor Research* **11** (1/2): 28-48.
- CARPENTER, J.W.; GABEL, R.R. & WIEMEYER, S.N. (1987): Captive Breeding. En: Pendleton, B.A.G.; Millsap, B.A.; Kline, K.W. & Bird, D.M. (Eds.): *Raptor Management Techniques Manual*. National Wildlife Federation, Washington, p. 349-370.
- FREY, H., KNOTZINGER, O., LLOPIS, A. (1995): The breeding network - an analysis of the period 1978 to 1995. FCBV, Annual Report 1995, 13-38.
- GILBERT, S.; TOMASSONI, P. & KRAMER, P.A. (1981): History of the captive management and breeding of Bald eagles *Haliaeetus leucocephalus* at the National Zoological Park. *Int. Zoo Yb.* **21**: 101-109.
- HEINROTH, O.M. (1927): *Die Vögel Mitteleuropas*. Hugo Bermüller, Berlin-Lichterfelde.
- KUEHLER, C. & GOOD, J. (1999): Artificial incubation of birds eggs at the Zoological Society of San Diego. *Int. Zoo Yb.* **29**: 118-136.
- PICHLER, A. (2000): Entwicklung eines nichtinvasiven Verfahrens zur Vitalitäts- und Aktivitätsdiagnostik an Vogelembryonen. Inaugural-Dissertation, Veterinärmedizinische Universität Wien.
- THALER, E. & PECHLANER, H. (1979): Volierenzucht und Handaufzucht beim Bartgeier (*Gypaetus barbatus aureus*): Beobachtungen aus dem Alpenzoo Innsbruck. *Gefiederte Welt* **2**: 21-25.
- THALER, E. & PECHLANER, H. (1980): Cainism in the Lammergeier or Bearded Vulture at the Alpenzoo Innsbruck. *Int. Zoo Yb.* **20**: 270-280.
- THALER, E., MASCHLER, S., STEINKELLNER, V. (1986): Studien zur Postembryonalentwicklung dreier Altvogelgeier: Bartgeier, *Gypaetus barbatus aureus* (Hablizl 1788), Schmutzgeier, *Neophron percnopterus* (Linné 1758) und Gänsegeier, *Gyps fulvus* (Hablizl 1783). *Ann. Naturhist. Mus. Wien* **88/89**: 361-376.

Contacts :

Hans Frey^{1 2}: N° de téléphone +43 221484014 Tél. portable : +43 664 34 04 530

Alex Llopis²: Tél. portable : +34 657 47 33 78 (WhatsApp) Adresse Skype: AlexLlopisDell

¹ Verein EGS-Eulen und Greifvogelschutz, Untere Hauptstraße 34, 2286 Haringsee, Austria.

² Vulture Conservation Foundation (VCF), Centre de Fauna Vallcalent, Ptda. de Vallcalent 63, 25199 Lleida, Spain.