

# ADAPTATIONS ET CONTRAINTES :

## LES COMPLICATIONS OBSTÉTRICALES À LA LUMIÈRE DE LA PHYLOGENÈSE

CAPELLE X (1), DOUPAGNE A (1), VAN LINTHOUT C (1), GRANDFILS S (1), KRIDELKA F (1)

**RÉSUMÉ :** Parmi les mammifères, notre espèce est celle dont les femelles paient le plus lourd tribut lors de la parturition. La morbi-mortalité maternelle demeure une problématique majeure de santé publique mondiale. Les apports récents de la paléanthropologie et de la biologie évolutive éclairent la complexité et la dangerosité de l'accouchement chez l'homme moderne, en comparaison avec les grands singes. Cette conception évolutive nous invite à une compréhension et une représentation différente de la pathologie obstétricale.

**MOTS-CLÉS :** *Accouchement - Mortalité maternelle - Paléanthropologie - Phylogénèse*

**ADAPTATIONS AND CONSTRAINTS : OBSTETRICAL COMPLICATIONS IN THE LIGHT OF PHYLOGENESIS**

**SUMMARY :** Among mammals, our species is the one whose females pay the heaviest price during parturition. Maternal morbidity and mortality remain a major global public health issue. Recent advances in paleoanthropology and evolutionary biology have shed new light on the complexity and dangerousness of childbirth in modern humans, compared with the great apes. This evolutionary conception invites us to understand and represent obstetrical pathology differently.

**KEYWORDS :** *Childbirth - Maternal mortality - Paleoanthropology - Phylogenesis*

### INTRODUCTION

Chaque jour dans le monde, 800 femmes meurent des complications de la grossesse et de l'accouchement. Dans les pays les plus touchés, essentiellement situés en Afrique subsaharienne, la mortalité maternelle demeure encore de nos jours, la deuxième cause de mortalité des femmes.

C'est à partir des années 80 du siècle précédent que l'ampleur de cette tragédie, longtemps négligée et sous-estimée, a reçu l'attention des experts et des organismes internationaux. Différentes initiatives et stratégies se sont depuis succédées pour tenter d'améliorer la santé maternelle (1). D'abord essentiellement centrées sur la prévention et la détection des situations à risque de complications, ces stratégies n'ont pas permis d'obtenir de progrès appréciables.

Dans un second temps, les politiques de santé maternelle ont été focalisées sur l'accessibilité et la qualité des soins lors de l'accouchement, en particulier lors de la survenue de complications.

Ainsi, des améliorations majeures ont été enregistrées et selon le dernier rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé, l'estimation

du nombre annuel de décès maternels est de l'ordre de 300.000 soit une diminution de 34 % entre 2000 et 2020 (2). Dans les pays occidentaux, c'est d'abord l'amélioration des conditions de vie et d'hygiène depuis la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, mais également le recours à des sage-femmes professionnelles qui a permis de diminuer les chiffres de mortalité maternelle de 50 %. Plus récemment, depuis les années 1950, les indicateurs ont rapidement évolué vers les niveaux actuels grâce à un accès universel aux antibiotiques, à la transfusion sanguine et aux technologies hospitalières devenues efficaces et sécurisées (1). En diminuant, dans nos pays, les taux de mortalité maternelle et infantile par 100 et 40 respectivement en moins de deux siècles, la médecine a ainsi obtenu des résultats remarquables. Ceux-ci ne doivent cependant pas nous occulter la réalité des risques liés à la grossesse et à l'accouchement.

La reproduction et la parturition humaine se caractérisent par des complications obstétricales à l'origine de la mortalité et de la morbidité maternelle alors que celles-ci sont exceptionnellement rencontrées chez les grands singes, nos plus proches parents. Dans cet article de revue, c'est par une approche phylogénique combinant les apports récents de la paléanthropologie et de la biologie évolutive que nous proposons d'éclairer au mieux ce qui peut apparaître, dans un premier temps, comme une aberration biologique.

(1) Service de Gynécologie-Obstétrique, CHU Liège, Belgique.

## ENCÉPHALISATION ET BIPÉDIE

### L'ENCÉPHALISATION

Comme le souligne Hublin (3), «*la grande affaire humaine depuis 300.000 ans est bien notre cerveau*», au point d'en faire un «tyran» (4) et même pour certains un «tueur en série» (5).

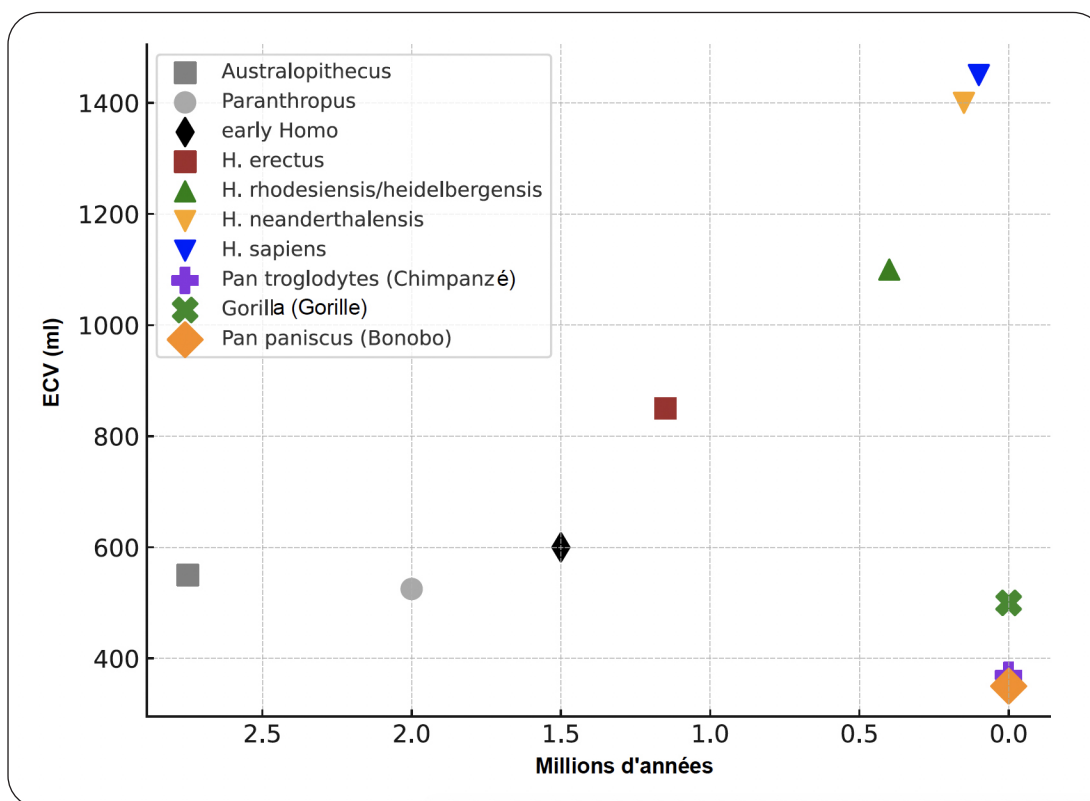
Le coefficient d'encéphalisation correspond au rapport de la masse cérébrale réelle à la masse cérébrale prédite selon la taille de l'animal. Chez l'espèce humaine, il émerge largement au-dessus des valeurs des mammifères, en général (6, 7), et des grands singes en particulier. L'accroissement exceptionnel du volume cérébral qui caractérise l'évolution des hominines depuis deux millions d'années est, dans un premier temps, en lien avec l'augmentation de la masse corporelle et, ensuite, de manière indépendante de celle-ci depuis 500.000 ans. Le phénomène s'est encore accentué chez l'homme de Néandertal et chez Homo sapiens

plus récemment (Figure 1). Ce haut niveau d'encéphalisation est la clé de voûte de l'adaptation et du succès de l'homme moderne qui a vu autour de lui s'éteindre, entre quelques dizaines et quelques centaines de milliers d'années, ses cousins néanderthaliens, erectus et autre australopithèque.

Le cerveau, qui ne représente que 2 % de la masse corporelle chez l'homme adulte, exige cependant pour son fonctionnement 20 % du métabolisme basal (8) (pour seulement 8 % chez les primates et 4 % en moyenne chez les mammifères). Cette exigence métabolique est dix fois plus élevée que la moyenne des organes. En fin de grossesse, chez le nouveau-né et le jeune enfant, ce ratio atteint des valeurs étonnantes. Il atteint 50 % de l'énergie disponible pour l'organisme en période périnatale et culmine à 66 % à l'âge de six ans où le cerveau a quasiment atteint sa taille définitive (9, 10).

L'acquisition de ressources pour assurer le métabolisme de l'organisme et la distribution de l'énergie aux organes les plus exigeants consti-

**Figure 1. Évolution de la taille du cerveau des hominines depuis trois millions d'années en comparaison avec le volume cérébral de trois espèces de grands singes actuels**



Les volumes endocrâniens absolus des fossiles d'hominines adultes sont représentés en fonction de leur âge géologique. Les symboles représentent les différents types d'hominines et de grands singes selon la légende. EVC : volume endocrânien. Adapté de Hublin et coll (7).

tue une pression sélective majeure. L'évolution de notre cerveau n'a pu se faire qu'au prix des ajustements adaptatifs dictés par les besoins métaboliques exceptionnels liés à son développement, sa croissance et son fonctionnement.

L'introduction de viande et de graisse dans le régime, qui augmente l'apport calorique, permet de réduire la taille du tractus digestif par rapport à celui des grands singes végétariens ainsi que le temps et l'énergie nécessaire à l'alimentation et à la digestion. Cette modification alimentaire, qui est un élément-clé dans l'histoire des hominines, a ouvert la voie à une réallocation énergétique indispensable au développement cérébral. Les innovations techniques telles que les armes pour la chasse, les outils pour la découpe de la viande ou le feu pour la cuisson ont eu pour effet une réduction importante de la masse musculaire et une économie de l'énergie nécessaire pour la capture du gibier, la mastication et la digestion. Selon la théorie de «l'organe qui coûte cher» (11), la diminution de l'énergie nécessaire aux fonctions alimentaires et diges-

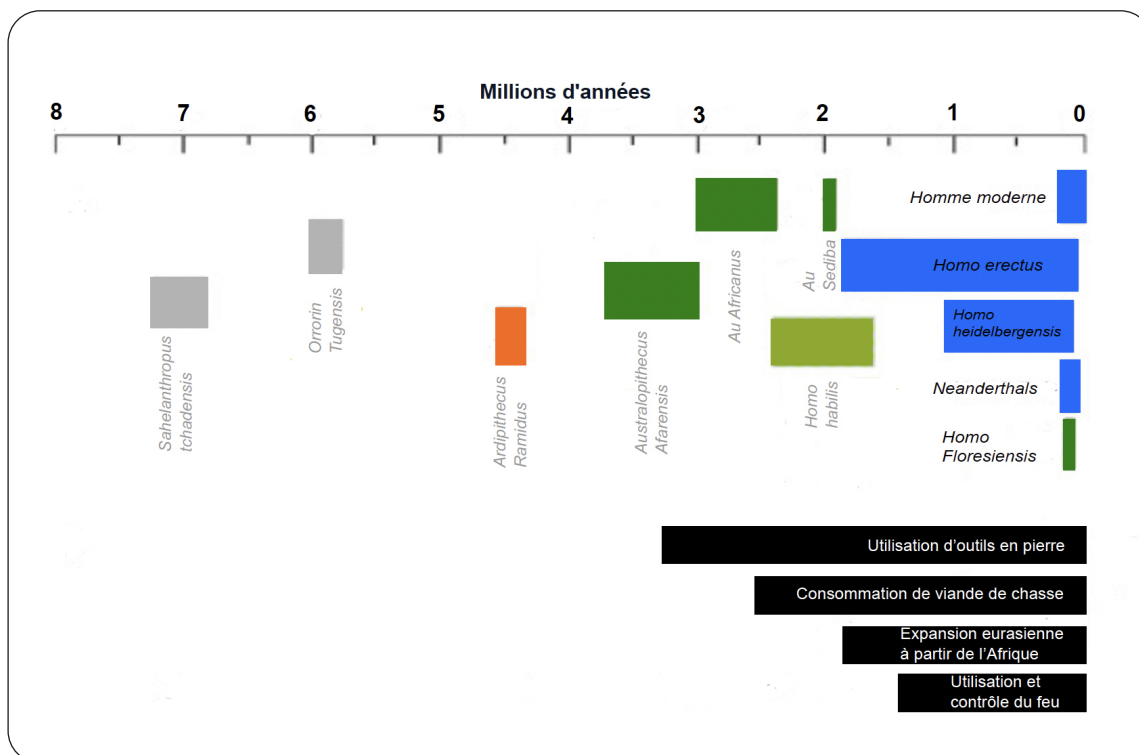
tives et le développement des premières technologies sont autant d'exemples ayant permis une optimisation énergétique au profit d'un cerveau de plus en plus volumineux et métaboliquement exigeant.

## LA BIPÉDIE

La locomotion bipède (bipédie) est l'autre trait évolutif principal de notre histoire phylogénique. Liée aux modes de vie en milieu ouvert comme la savane ainsi qu'aux comportements de prédation, elle émerge depuis que la lignée humaine s'est séparée de celle des grands singes actuels il y a sept millions d'années. Le développement d'une locomotion bipède de plus en plus efficace et endurante, associée à des capacités thermorégulatrices et aux processus d'encéphalisation depuis deux millions d'années, a joué un rôle majeur dans l'histoire des hominines (12) (Figure 2).

Alors que les phénomènes conjoints de l'encéphalisation et de la bipédie nous confèrent

**Figure 2. Vue d'ensemble de l'évolution des hominines et de leurs capacités locomotrices déduites**



Orange : efficacité et endurance faibles. Vert : bonne efficacité, mais endurance limitée. Bleu : efficacité et endurance semblables à celles de l'homme moderne. Gris et vert clair : efficacité et endurance déduites à partir de preuves limitées ou insuffisantes.

Apparition de l'utilisation d'outils en pierre, de la consommation de viande de chasse, de l'expansion en Eurasie et de la maîtrise et de l'utilisation du feu. Adapté de Pontzer et coll (9).

des avantages adaptatifs décisifs, ils induisent des contraintes sur le plan mécanique et énergétique, entraînant des conséquences majeures sur la reproduction humaine.

Ces contraintes permettent d'éclairer, sous l'angle phylogénique, la complexité de l'accouchement et les niveaux élevés de morbidité et de mortalité associés à la reproduction et la naissance dans l'espèce humaine (13).

## LES CONTRAINTES MÉCANIQUES ET LE «DILEMME OBSTÉTRICAL»

### L'HYPOTHÈSE MÉCANISTE, DOMINANTE

Le terme de dilemme obstétrical est introduit en 1960 par S. Washburn (14). Pour l'auteur, la bipédie, en libérant les mains pour la fabrication et l'utilisation d'outils, favorise l'encéphalisation. Il a ainsi formulé l'hypothèse d'un compromis entre les pressions sélectives liées à une locomotion bipède efficace - nécessitant un bassin relativement étroit - et celles favorisant son élargissement pour permettre la naissance d'un nouveau-né doté d'un gros cerveau.

L'émergence de la bipédie implique, effectivement, des modifications anatomiques importantes. Contrairement aux quadrupèdes et aux autres primates, la filière d'accouchement humaine n'est plus un cylindre droit en ligne directe vers la sortie. Notre bassin, dont l'axe s'est incurvé, est constitué des trois détroits supérieur, moyen et inférieur qui vont en se rétrécissant «en entonnoir», de haut en bas. Il est aplati dans l'axe antéro-postérieur et transversal par la saillie du promontoire et des épines sciatiques. La musculature périnéale, dérivée des muscles moteurs de la queue, ferme le détroit inférieur. On observe également une nette diminution de la flexibilité ligamentaire des articulations sacro-iliaques et de la symphyse pubienne telle qu'observée chez les primates en général. Enfin, il faut souligner la spécificité et l'importance du dimorphisme sexuel de l'anatomie du pelvis osseux caractérisé chez la femme par une forme plus arrondie du détroit supérieur, une augmentation de la distance entre les épines sciatiques ainsi qu'une ouverture plus marquée de l'angle entre les branches ischio-pubiennes.

Ce dimorphisme, prononcé dans l'espèce humaines et présent de façon beaucoup plus discrète chez quelques primates (15), est un élément empirique robuste pour appuyer l'existence d'un compromis évolutif permettant de

faire face, sur le plan obstétrical, à des pressions sélectives antagonistes (16, 17).

La contrainte mécanique lors de l'accouchement, liée à la bipédie, s'explique conjointement par le développement cérébral et la relative inadéquation céphalo-pelvienne qui en résulte, responsable des difficultés rencontrées dans une proportion non négligeable d'accouchements. À la naissance le volume du cerveau humain est quatre fois supérieur à celui du chimpanzé et dix fois celui de l'agneau pour un poids normalisé. L'une des solutions à cette contrainte, qui émerge dans l'histoire humaine, est la naissance d'un nouveau-né altricial, c'est-à-dire dépendant et immature sur le plan neurodéveloppemental. Chez les grands singes le nouveau-né est, au contraire, plus autonome, peut se déplacer et s'agripper, tout en conservant des dimensions céphaliques, à ce stade de maturation neurologique plus avancé, compatibles avec celles du bassin maternel.

Le cerveau humain, de loin le plus gros chez les primates, est donc paradoxalement relativement le plus petit et le moins avancé à la naissance. Il n'atteint que 28 % de sa taille définitive au terme de la grossesse pour un ratio de 45 % chez le chimpanzé et 70 % chez le macaque (3). Si le cerveau du nouveau-né atteignait le niveau de développement et de maturation neurologique comparables à celui du chimpanzé, il pèserait 45 % de son poids adulte, soit un volume de 640 ml au lieu de 350 à 400 ml. L'augmentation concomitante de la boîte crânienne et du diamètre bipariétal de près de 3 cm imposerait alors une augmentation correspondante du diamètre du détroit supérieur du bassin de sa mère (10).

Pour répondre aux contraintes mécaniques qui s'opposent à son développement *in utero*, le cerveau du jeune enfant voit l'essentiel de sa croissance se réaliser après la naissance en réponse à l'exposition de nombreux stimuli affectifs, éducatifs et sociaux. La progéniture doit sa survie aux soins apportés par les parents et à l'émergence d'une culture coopérative centrée sur l'éducation des enfants. Cette altricialité ou prématurité secondaire apparaît comme le fondement biologique de la socialisation (4, 18).

### CONSÉQUENCES DE LA CONTRAINTE MÉCANIQUE SUR LES MODALITÉS DE L'ACCOUCHEMENT

La contrainte mécanique est également responsable de la spécificité et de la complexité du processus d'accouchement chez la femme. Celui-ci ne peut plus se réaliser, comme chez les autres mammifères et les primates, par une descente directe, en ligne droite du mobile fœtal

à travers le bassin, la tête en extension et l'occiput au contact du sacrum maternel (19). Chez *Homo sapiens*, l'axe longitudinal de l'extrémité céphalique est de longueur au moins égale et souvent supérieure à tous les diamètres du bassin maternel. Cette particularité impose des mouvements successifs de flexion et d'orientation de la tête qui, seuls, autorisent sa progression vers la sortie (Figure 3). L'accouchement se fait alors en rotation, par un engagement au détroit supérieur dans un diamètre oblique du bassin, une rotation intra-pelvienne et un dégagement au détroit inférieur dans un axe antéro-postérieur.

L'amointrissement nécessaire des dimensions céphaliques est rendu possible par la plasticité du crâne fœtal en raison de l'ossification incomplète des sutures et des fontanelles qui autorisent un rapprochement des berges osseuses et, parfois, sous la contrainte mécanique, un véritable chevauchement des os du crâne (20) (Figure 4). Chez les primates et les grands singes ces processus sont inexistantes et les fontanelles sont quasiment totalement ossifiées.

L'émergence de ce mécanisme d'accouchement apparaît probablement entre 200.000 et 400.000 ans selon les auteurs, dans la lignée dont est issu *Homo sapiens*, mais il est absent chez les Néandertaliens (21). Ce changement majeur reflète des pressions sélectives en faveur d'une nouvelle augmentation de la taille du cerveau associée à un bassin relativement étroit et une morphologie élancée.

## IMPLICATION D'AUTRES FONCTIONS FONDAMENTALES

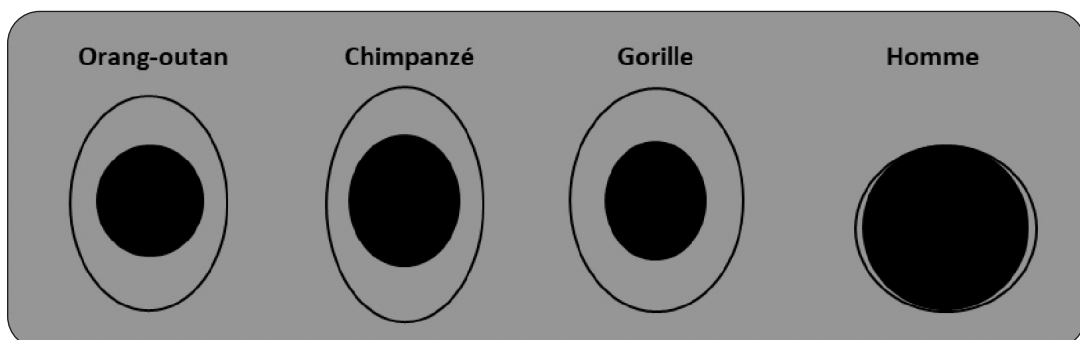
L'hypothèse mécaniste du dilemme obstétrical avancée par Washburn a suscité une littérature scientifique importante, avec des remises en question, mais également de nombreuses contributions récentes qui renforcent sa cohérence. Certaines études démontrent à partir de modélisation qu'un élargissement du pelvis féminin n'est pas associé à une augmentation du coût énergétique de la locomotion (22) et, par là, s'opposent à la théorie de Washburn. La valeur de ces travaux, basée sur des modèles biomécaniques est remise en cause car ils ne prennent en compte que le diamètre transverse sans considération du diamètre antéro-postérieur et des modifications structurales complexes du bassin féminin (23).

Comme le soulignent Haeusler et coll. (13) et Pavlicev et coll. (23) dans des revues récentes sur le sujet, d'autres fonctions fondamentales doivent être considérées, permettant de rendre compte des contraintes physiologiques qui s'opposent à un élargissement supplémentaire du bassin féminin.

## L'HYPOTHÈSE DU PLANCHER PELVIEN

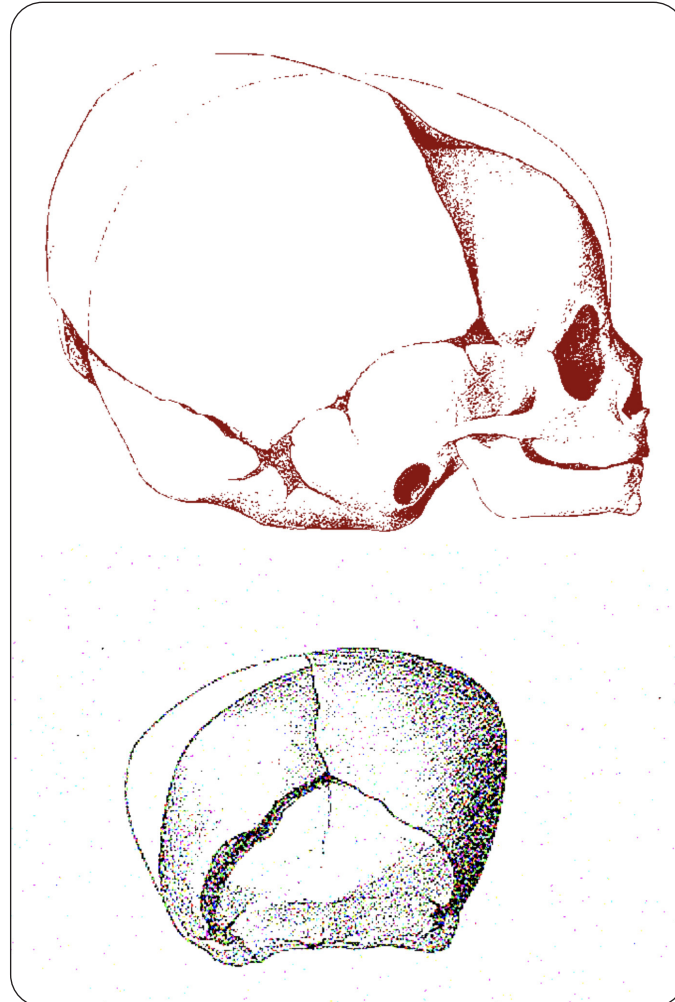
Il existe une nécessaire stabilité du plancher pelvien, qui représente une contrainte évolutive influençant la forme du bassin. Ouvert vers le bas en position orthostatique le bassin doit assurer la contention des viscères abdominaux et pelviens ainsi que le maintien intra-utérin de la grossesse. Il assure également les fonctions

**Figure 3. Représentation schématique comparative de l'ajustement céphalopelvien chez les primates étroitement apparentés à l'homme**



La surface du crâne du nouveau-né en coupe transversale (surface noire) est représentée en projection dans le détroit supérieur du bassin maternel (cercle extérieur) chez l'orang outan, le chimpanzé, le gorille et l'homme moderne. Les dimensions antéro-postérieures du crâne fœtal excèdent les dimensions correspondantes du bassin chez la femme. Adapté de Rosenberg et Trevathan (17).

**Figure 4.** Illustration de la plasticité du crâne fœtal humain sous l'effet de la contrainte mécanique durant l'accouchement



L'amointrissement de ses dimensions par rapprochement et/ou chevauchement des plaques osseuses est rendu possible par l'ossification incomplète des sutures et des fontanelles. Adapté de Bumm (20).

sphinctériennes et sexuelles. Ainsi, les muscles et les fascia forment un plancher pelvien horizontal assurant des fonctions de contention et de contrôle des sphincters dont l'efficacité serait compromise par un élargissement trop important.

Sur le plan osseux, les saillies internes des épines ischiatiques qui servent de points d'insertions musculaires et ligamentaires sont beaucoup plus marquées que chez les grands singes où leur situation plus postérieure ne constitue pas un obstacle à l'accouchement.

De même, la protrusion antérieure du promontoire, liée à la bipédie, va contribuer à dimi-

nuer les dimensions antéro-postérieures de la filière pelvienne chez l'Homme moderne (24).

### L'HYPOTHÈSE DE LA THERMORÉGULATION

La thermorégulation est une fonction fondamentale chez les homéothermes. Très performante chez l'homme, elle est considérée comme un trait adaptatif majeur dans les conditions de réchauffement climatique qui ont accompagné l'émergence d'Homo sapiens.

Associée au développement d'une bipédie efficace, elle a rendu possible l'amélioration remarquable des capacités humaines à la course d'endurance, sans comparaison parmi

les primates, et qui ont été déterminantes dans l'histoire évolutive de l'homme (25). La dissipation calorifique, en grande partie déterminée par le rapport surface /volume, est favorisée par un morphotype élancé et un bassin étroit (17). La bipédie permanente, l'efficacité et l'endurance remarquable à la course ainsi que les capacités thermorégulatrices et les fonctions du bassin sont donc autant d'éléments qui s'opposent à son élargissement.

Il est important de prendre en considération que le processus évolutif ne se réduit pas aux adaptations fonctionnelles et qu'il n'aboutit pas forcément à l'optimisation dans toutes les conditions. Dans une critique de la toute-puissance adaptative, Gould et Lewontin, les premiers, mettent en avant le rôle des contraintes physico-chimiques ou structurelles et historiques dans la compréhension et la complexité des êtres vivants, affirmant que « *chaque caractéristique d'un organisme n'est pas uniquement le produit direct de sa sélection* » (26). Ainsi, certains traits évolutifs ne rentrent pas dans le cadre d'une adaptation fonctionnelle. Si la plupart des organes et des configurations anatomiques sont utiles, certains sont superflus, voire la conséquence d'un héritage historique qui peut se révéler handicapant (27, 5). Loin d'une optimisation systématique, les processus de la sélection naturelle aboutissent aussi à des compromis entre des tendances opposées.

## LES COMPLICATIONS ASSOCIÉES AU DILEMME OBSTÉTRICAL

Cela est bien illustré par les aspects mécanistes du dilemme obstétrical qui permettent de comprendre les niveaux élevés de morbidité et de mortalité associés à la naissance dans l'espèce humaine.

Ainsi, dans certaines situations principalement causées par l'inadéquation relative des dimensions céphaliques du fœtus par rapport à celles du bassin maternel (disproportion céphalo-pelvienne), le mobile fœtal ne progresse pas dans la filière pelvienne. En l'absence d'intervention médicale, la mort fœtale est la règle, l'accouchement ne peut se résoudre que par la réalisation d'une césarienne et dans certains cas par une extraction instrumentale. Le travail se prolonge, sans avancée du mobile fœtal dans la filière pelvienne. Il est alors qualifié d'obstructif et concerne 1 à 8 % des naissances selon les régions du monde et les critères choisis, et est responsable de 8 à 17 % de la mortalité maternelle (28). Ce chiffre est très probablement sous-

estimé, le travail obstructif pouvant entraîner d'autres complications comme l'hémorragie du post-partum, la rupture utérine ou la chorioamniotite, elles-mêmes génératrices d'une morbi-mortalité maternelle et néonatale conséquente.

La disproportion céphalo-pelvienne est également pourvoyeuse de séquelles invalidantes chez la femme, avec une incidence beaucoup plus élevée que celle de la mortalité maternelle, comme l'incontinence, le délabrement périnéal ou les fistules obstétricales (29), sources de handicap sévère.

## CONCLUSION

Les contraintes mécaniques à l'accouchement qu'impose notre gros cerveau permettent de contextualiser, dans une perspective évolutive, les niveaux étonnamment élevés de morbidité et de mortalité associés à la naissance dans l'espèce humaine. La compréhension des complications obstétricales, replacée dans l'histoire biologique longue ayant façonné Homo sapiens, nous aide à mieux percevoir la vulnérabilité du vivant comme le revers de l'adaptation. Elle modifie notre conception de la maladie, souvent imprégnée d'une représentation disjonctive entre le normal et le pathologique.

Depuis quelques années, la conception d'une vulnérabilité primaire durant la grossesse et l'accouchement est remise en question par des mouvements militants féministes (30). Ceux-ci critiquent la perspective évolutive et mettent en avant les facteurs culturels d'une société patriarcale comme seuls déterminants des violences obstétricales, qu'ils attribuent à une sur-médicalisation non consentie, non nécessaire et potentiellement iatrogène (31). En minimisant les risques naturels des complications et en majorant la nuisance iatrogène de certains comportements, ce discours est aussi responsable d'une rupture de l'alliance thérapeutique.

Il appartient aux décideurs des politiques de santé et aux milieux professionnels de la périnatalité d'effectuer une auto-critique, d'écouter les femmes trop souvent traumatisées par leur parcours obstétrical et de prendre leurs souffrances en considération. Parallèlement, il est également plus que jamais nécessaire d'informer loyalement les futurs parents sur les raisons d'assurer médicalement les conditions d'une prise en charge sécurisée.

## BIBLIOGRAPHIE

1. De Brouwere V, van Lerberghe W. Réduire les risques de la maternité: stratégies et évidence scientifique. Antwerp: ITGPress; 2001. (Studies in Health Services Organisation & Policy; 18). Disponible sur: <https://lib.itg.be/pdf/itg/2001/2001shso0018.pdf>
2. Organisation Mondiale de la Santé. Mortalité maternelle. 2023 [cited 2024 Nov 2]. Mortalité maternelle. Available from: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/maternal-mortality>
3. Hublin JJ. *Biologie de la culture: paléanthropologie du genre Homo*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris: Collège de France Fayard; 2017.
4. Hublin JJ. *La tyrannie du cerveau-Un nouveau récit de l'évolution Humaine*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris; Robert Lafont; 2024.
5. Milo DS. *La survie des médiocres: critique du darwinisme et du capitalisme*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris: Gallimard; 2023.
6. Marino L. A comparison of encephalization between odontocete cetaceans and anthropoid primates. *Brain Behav Evol* 1998;**51**:230-8.
7. Hublin JJ, Neubauer S, Gunz P. Brain ontogeny and life history in Pleistocene hominins. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 2015;**370**:20140062.
8. Hublin JJ. *Homo sapiens, une espèce invasive*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris: Fayard Collège de France; 2022.
9. Pontzer H, Brown MH, Raichlen DA, et al. Metabolic acceleration and the evolution of human brain size and life history. *Nature* 2016;**533**:390-2.
10. Dunsworth HM, Warrener AG, Deacon T, et al. Metabolic hypothesis for human altriciality. *Proc Natl Acad Sci* 2012;**109**:15212-6.
11. Aiello LC, Wheeler P. The expensive-tissue hypothesis: the brain and the digestive system in human and primate evolution. *Curr Anthropol* 1995;**36**:199-221.
12. Pontzer H. Economy and endurance in human evolution. *Curr Biol* 2017;**27**:R613-21.
13. Haeusler M, Grunstra ND, Martin RD, et al. The obstetrical dilemma hypothesis: there's life in the old dog yet. *Biol Rev* 2021;**96**:2031-57.
14. Washburn SL. Tools and human evolution. *Sci Am* 1960;**203**:63-75.
15. Zollikofer CP, Scherrer M, Ponce de León MS. Development of pelvic sexual dimorphism in hylobatids: testing the obstetric constraints hypothesis. *Anat Rec (Hoboken)* 2017;**300**:859-69.
16. Fischer B, Grunstra ND, Zaffarini E, Mitteroecker P. Sex differences in the pelvis did not evolve de novo in modern humans. *Nat Ecol Evol* 2021;**5**:625-30.
17. Rosenberg K, Trevathan W. Birth, obstetrics and human evolution. *BJOG* 2002;**109**:1199-206.
18. Lahire B. *Les structures fondamentales des sociétés humaines*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris: la Découverte; 2023.
19. Malinas Y, Favier MF. *A B C de mécanique obstétricale*. 1<sup>ère</sup> édit. Issy-Les-Moulineaux:Elsevier Masson; 1979.
20. Bumm E. Dans Payot Ed, edit. *Précis d'obstétrique en 28 leçons*. 3<sup>ème</sup> édit. Paris; Maloine; 1929.
21. Weaver TD, Hublin JJ. Neandertal birth canal shape and the evolution of human childbirth. *Proc Natl Acad Sci* 2009;**106**:8151-6.
22. Warrener AG, Lewton KL, Pontzer H, Lieberman DE. A wider pelvis does not increase locomotor cost in humans, with implications for the evolution of childbirth. *PLoS One* 2015;**10**:e0118903.
23. Pavličev M, Romero R, Mitteroecker P. Evolution of the human pelvis and obstructed labor: new explanations of an old obstetrical dilemma. *Am J Obstet Gynecol* 2020;**222**:3-16.
24. Abitbol MM. Evolution of the ischial spine and of the pelvic floor in the Hominoidea. *Am J Phys Anthropol* 1988;**75**:53-67.
25. Bramble DM, Lieberman DE. Endurance running and the evolution of Homo. *Nature* 2004;**432**:345-52.
26. Gould SJ, Lewontin RC. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 1979;**205**:581-98.
27. Lecointre G, Haessig T. *Petit traité d'anatomie superflue: l'évolution à travers notre corps*. 1<sup>ère</sup> édit. Paris: Delachaux et Niestlé; 2024.
28. Dolea C, AbouZahr C. Global burden of obstructed labour in the year 2000. 2000. Available from: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a539fbcf11f7efc86b0a8d17fcb6ed6dfe12bc6>
29. Ahmed S, Genadry R, Stanton C, Lalonde AB. Dead women walking: neglected millions with obstetric fistula. *Int J Gynaecol Obstet* 2007;**99**:S1-3.
30. Dunsworth HM. There is no 'obstetrical dilemma': towards a braver medicine with fewer childbirth interventions. *Perspect Biol Med* 2018;**61**:249-63.
31. Lahaye MH. *Accouchement : les femmes méritent mieux*. 1<sup>ère</sup> édit. Roubaix; Editions Michalon; 2018.

Les demandes de tirés à part doivent être adressées au Dr Capelle, service de Gynécologie Obstétrique, CHU Liège, Belgique.  
Email : [xavier.capelle@chuliege.be](mailto:xavier.capelle@chuliege.be)