



Suivi de l'abattage illicite d'éléphants (MIKE) Rapport : Analyse des tendances de la PIKE – Méthodologie et résultats

Septembre 2020

Table des matières

Contexte	2
La PIKE comme indice de la pression de braconnage	2
Analyse des tendances de la PIKE : méthodologie	3
Analyse des tendances de la PIKE en 2019 : Afrique	5
Tendance de la PIKE à l'échelle du continent (Afrique)	6
Tendances de la PIKE à l'échelle sous-régionale (Afrique)	7
Afrique centrale	8
Afrique de l'Est	8
Afrique australe	8
Afrique de l'Ouest	8
Analyse des tendances de la PIKE : Asie	9
Références	11
Annexe 1	13
RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES TENDANCES DE LA PIKE À L'AIDE DE LSMEANS ET DU GLMM BAYÉSIEN NON PONDÉRÉ ET PONDÉRÉ PAR L'ESTIMATION DE LA POPULATION D'ÉLÉPHANTS	13
Annexe 2	16
TENDANCES ESTIMÉES DE LA PIKE DANS LE GLMM BAYÉSIEN NON PONDÉRÉ PAR RÉGION ET PÉRIODE ET JUSTIFICATION STATISTIQUE DE LA TENDANCE À LA BAISSÉ	16

1. Ce rapport a été préparé par le Secrétariat CITES.

Contexte

2. Le programme CITES de suivi de l'abattage illicite d'éléphants, communément appelé Programme MIKE (*Monitoring the Illegal Killing of Elephants*), a été établi par la Conférence des Parties (CoP) à la CITES à sa 10^e session (Harare, 1997), et est mené conformément aux dispositions de la résolution Conf. 10.10 (Rev. CoP16), *Commerce de spécimens d'éléphants*. Le programme MIKE est géré par le Secrétariat CITES sous la supervision du Comité permanent de la CITES. Depuis le début de la mise en œuvre en 2001, le fonctionnement du Programme MIKE en Afrique est possible grâce au soutien des États de l'aire de répartition qui mettent en œuvre le Programme et soumettent des données chaque année, ainsi qu'au généreux soutien financier de l'Union européenne (UE) et d'autres donateurs.
3. Le Programme MIKE a pour objectif d'informer et d'améliorer les prises de décisions relatives aux éléphants en mesurant les tendances du niveau d'abattage illégal des éléphants, en identifiant les facteurs associés à ces tendances et en renforçant les capacités de gestion des éléphants dans les États de l'aire de répartition. Il est mis en œuvre sur un large échantillon de sites répartis dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'éléphant d'Afrique (32 pays) et de l'éléphant d'Asie (13 pays). En 2020, le Zimbabwe a proposé un site MIKE volontaire supplémentaire, à savoir le Parc national de Hwange. La proposition d'inscription du site dans le réseau MIKE a été examinée par le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS (TAG – *Technical Advisory Group*) puis validée, ce qui porte le nombre total de sites MIKE en Afrique à 69. Ces 69 sites représentent désormais plus de 50 % de la population d'éléphants d'Afrique sur le continent. L'Asie compte 29 sites MIKE.
4. Sur les sites MIKE, les données sont collectées sur le terrain par les patrouilles de lutte contre la fraude et les patrouilles de gardes, ainsi que par d'autres moyens. Lorsqu'une carcasse d'éléphant est trouvée, le personnel du site essaie d'établir la cause de la mort et relève certaines informations telles que le sexe et l'âge de l'animal, l'état de l'ivoire et le stade de décomposition de la carcasse. Cet ensemble minimum d'informations normalisées pour chaque carcasse détectée sur un site MIKE est ensuite transmis au Programme MIKE.
5. Le Programme MIKE de la CITES, en collaboration avec la Division des sciences du PNUE et avec un financement de l'UE, a développé un système de gestion de base de données et d'établissement de rapports sur le Web (en ligne). La nouvelle base de données MIKE en ligne contient plus de 23 000 enregistrements soumis par les États de l'aire de répartition participant au Programme. Les fonctions de visualisation des données permettent à ces États de cartographier l'emplacement des carcasses et de produire des graphiques sur la fréquence des attributs liés aux carcasses (tels que le stade de décomposition de la carcasse, l'âge et le sexe de l'éléphant mort, ainsi que le type et la cause de la mort).

La PIKE comme indice de la pression de braconnage

6. Le Programme MIKE de la CITES évalue les niveaux relatifs de braconnage à partir de la proportion d'éléphants tués illégalement (PIKE – *Proportion of Illegally Killed Elephants*), qui est calculée en divisant le nombre d'éléphants tués illégalement par le nombre total de carcasses d'éléphants trouvées par les patrouilles ou par d'autres moyens, agrégé par année et pour chaque site.
7. La PIKE est un indice de la pression de braconnage et fournit des tendances du niveau de braconnage, mais elle peut être affectée par plusieurs biais potentiels : la qualité des données, le fait que les sites MIKE ne sont pas sélectionnés au hasard, le taux de transmission des rapports, la probabilité de détection des carcasses, et la variation des taux de mortalité naturelle entre les sites MIKE incluant l'augmentation de la mortalité naturelle en raison de la sécheresse et d'autres facteurs (Burn *et al.* 2011 ; document CoP18 Doc 69.2 et son addendum). La conversion de la valeur de la PIKE en une mesure de la mortalité réelle par braconnage (c.-à-d. la proportion de la population d'éléphants ayant été braconnée) est compliquée en raison de tous les biais mentionnés ci-dessus. Cependant, la PIKE reste un indicateur fiable pour le suivi et l'étude des changements de la pression de braconnage au cours du temps.
8. À sa 15^e réunion, le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS (septembre 2019, Nairobi) a discuté des biais affectant la PIKE et de l'opportunité d'envisager d'utiliser une autre mesure ou un autre indice. Le Groupe consultatif technique a toutefois recommandé que la PIKE reste l'indice de la pression de braconnage et a encouragé le Secrétariat CITES à poursuivre leur collaboration à travers le Programme MIKE pour remédier, lorsque cela est possible, aux biais qui affectent la PIKE.

9. À cet égard, le Secrétariat CITES est en train de documenter les biais suivants qui affectent la PIKE :
- a. La mortalité liée à la gestion et la mortalité classée dans la catégorie « cause inconnue » ;
 - b. La mortalité naturelle ;
 - c. La probabilité de détection.

Le Secrétariat continuera d'informer le Comité permanent et les Parties à la CITES des progrès réalisés dans l'évaluation de ces biais.

Analyse des tendances de la PIKE : méthodologie

10. En 2018, le Secrétariat CITES, en collaboration avec les statisticiens du Groupe consultatif technique MIKE-ETIS et un statisticien indépendant, a lancé un processus de révision de la méthodologie analytique de MIKE afin de déterminer si elle pouvait être affinée ou si sa robustesse scientifique pouvait être améliorée, et afin de renforcer encore la base analytique du Programme. L'approche comprenait un examen de la méthodologie utilisée et la prise en compte de nouveaux développements statistiques et d'autres méthodes ou modèles pour l'analyse des tendances de la PIKE, tout en tenant compte des incohérences et déséquilibres inhérents aux données.
11. Dans son rapport sur le Programme MIKE à la 18^e session de la Conférence des Parties (CoP18 ; Genève, 2019 ; [document CoP18 Doc. 69.2](#)), le Secrétariat CITES a informé les Parties qu'un processus visant à affiner et améliorer l'analyse statistique qui permet de déterminer la tendance de la PIKE avait été lancé.
12. La tendance de la PIKE présentée dans le rapport sur le Programme MIKE à la CoP18 a été calculée dans un modèle linéaire à l'aide des moyennes marginales estimées (LSmeans) pondérées par le nombre total de carcasses ([R-script pour l'analyse des données MIKE](#)). La tendance de la PIKE à l'échelle du continent a été estimée à partir d'un modèle ayant la sous-région et l'année comme facteurs, tandis que les tendances sous-régionales ont été estimées à partir d'un modèle ayant le pays et l'année comme facteurs.
13. Cette méthode a été utilisée pour l'analyse des tendances de la PIKE dans les rapports aux trois précédentes sessions de la Conférence des Parties (CoP16, Bangkok, 2013 dans le document CoP16 Doc. 53.1 ; CoP17, Johannesburg, 2016, dans le document CoP17 Doc. 57.5 ; et CoP18, Genève, 2019 dans le document CoP18 Doc. 69.2 et son addendum), ainsi qu'aux sessions du Comité permanent (SC62, Genève, juillet 2012, dans le document SC62 Doc. 46.1 (Rev. 1) ; SC65, Genève, juillet 2014, dans le document SC65 Doc. 42.1 ; SC66, Genève, janvier 2016, dans le document SC66 Doc. 47.1 ; SC69, Genève, novembre 2017, dans le document SC69 Doc. 51.1 ; SC70, Sochi, octobre 2018, dans le document SC70 Doc. 49.1 ; et dans le document CoP18 Doc. 69.2).
14. L'analyse des données MIKE publiée dans une revue scientifique à comité de lecture (Burn *et al.*, 2011) a utilisé un modèle bayésien hiérarchique reposant sur un modèle linéaire mixte généralisé. Ce modèle était donc différent de celui utilisé pour produire les rapports mentionnés au paragraphe 13 ci-dessus. La révision de la méthodologie analytique MIKE initiée par le Secrétariat CITES en collaboration avec le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS a examiné diverses méthodes/modèles : LSmeans et régression linéaire ; modèle linéaire généralisé (GLM – *generalized linear model*)/modèle additif généralisé (GAM – *generalized additive model*) ; modèles linéaires mixtes généralisés (GLMM – *generalised linear mixed models*)/modèles additifs mixtes généralisés (GAMM – *generalised additive mixed models*) ; GLM ou GAM binomial spatial ; et GLM/GAM binomial spatio-temporel.
15. L'examen et l'évaluation de l'application des différents modèles mentionnés au paragraphe 14 ont été conclus par le Secrétariat CITES en collaboration avec le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS. À sa 15^e réunion (septembre 2019, Nairobi), le Groupe consultatif technique a évalué le rapport de l'examen qui présentait les avantages et les inconvénients de diverses approches de modélisation statistique pour l'analyse des données MIKE. Il a recommandé l'utilisation d'une approche [bayésienne du modèle linéaire mixte généralisé \(GLMM\)](#), avec des résultats pondérés et non pondérés par les estimations de la population d'éléphants pour remplacer l'approche de modélisation [moyennes marginales estimées (LSmeans)] utilisée dans les rapports cités au paragraphe 13 ci-dessus. L'approche recommandée est plus proche de la forme du modèle utilisé dans l'analyse MIKE publiée par Burn *et al.*, 2011.
16. Le professeur Carl Schwarz, l'un des statisticiens du Groupe consultatif technique MIKE-ETIS, a préparé deux rapports techniques, l'un sur une analyse MIKE pour l'Afrique et le second sur une analyse MIKE pour l'Asie. Les rapports comprennent une explication des détails techniques relatifs au modèle des moyennes marginales estimées (LSmeans) existant et au nouveau GLMM bayésien. Ils fournissent des informations

générales soutenant l'adoption du GLMM bayésien à l'avenir, avec une évaluation de ce nouveau modèle, une analyse de sensibilité et des considérations relatives aux travaux ultérieurs nécessaires pour intégrer la corrélation temporelle et spatio-temporelle afin de renforcer l'analyse. Ces rapports ont été partagés et discutés avec les États de l'aire de répartition lors de la réunion régionale MIKE pour l'Afrique en novembre 2019 à Nairobi, et avec les États de l'aire de répartition des éléphants d'Asie lors des réunions sous-régionales tenues en 2019 [3 octobre 2019, Thimphu (Bhoutan) et 29-30 octobre 2019, Bangkok (Thaïlande)]. Les rapports techniques sont accessibles via les liens suivants: [Rapport technique – Afrique](#) ; [Rapport technique – Asie](#). Les paragraphes 17 à 19 ci-dessous résument les informations les plus pertinentes extraites des rapports techniques sur le changement de modèle ainsi que les résultats présentés dans ces rapports.

17. Les principales raisons pour lesquelles le passage au GLMM bayésien a été recommandé, et les avantages associés à ce modèle sont les suivants :
 - a) Le GLMM bayésien tient pleinement compte de la structure binomiale au niveau site-année, c.-à-d. sur n carcasses observées, x sont celles d'éléphants abattus illégalement. Le modèle des moyennes marginales estimées (LSmeans) précédemment utilisé ne le faisait pas, conduisant à des valeurs de la PIKE prédite qui à certaines occasions pouvaient être inférieures à 0 ou supérieures à 1.
 - b) Le GLMM bayésien intègre la structure hiérarchique inhérente à la manière dont les données MIKE sont collectées. En d'autres termes, les observations sont regroupées en clusters de telle sorte que les données des sites MIKE sont imbriquées dans les pays, les pays dans les régions et les régions dans un continent. Il est bien accepté (et recommandé) dans la littérature statistique d'appliquer des modèles à effets mixtes sur des données imbriquées (Zuur *et al.*, 2009). Le GLMM permet explicitement des dépendances imbriquées et gère également le problème de pseudo-réplication qui se pose lors de la prise d'observations sur le même site MIKE d'une année sur l'autre. Il s'agit d'une amélioration par rapport au modèle des moyennes marginales estimées (LSmeans), qui ne pouvait pas faire face à de telles dépendances de niveaux imbriqués.
 - c) En raison de l'hypothèse de distribution binomiale explicite de la fréquence observée des éléphants braconnés, le GLMM bayésien tient pleinement compte des différentes tailles d'échantillon, c.-à-d. qu'une PIKE reposant sur l'observation d'un éléphant tué illégalement sur 2 carcasses d'éléphants reçoit un poids différent d'une PIKE reposant sur l'observation de 20 éléphants tués illégalement sur 40 carcasses d'éléphants.
 - d) De multiples sources de variation sont automatiquement incluses dans les estimations de la PIKE : p. ex. les changements de la PIKE au cours du temps sur un site MIKE particulier ; la variation entre les sites MIKE ; et les rapports déséquilibrés entre les pays et les sous-régions.
 - e) Chaque site MIKE reçoit un poids égal lors du calcul de la PIKE continentale ou sous-régionale. Par conséquent, les pays ayant plus de sites MIKE auront automatiquement plus de poids dans les estimations agrégées de la PIKE.
 - f) Le GLMM bayésien tient implicitement compte de l'autocorrélation spatiale de la PIKE entre les sites MIKE géographiquement proches les uns des autres. En outre, d'autres pondérations peuvent être appliquées, p. ex. en incluant les estimations de la population d'éléphants de chaque site MIKE lors du calcul d'une PIKE agrégée.
 - g) Enfin, il sera possible à l'avenir d'étendre le nouveau modèle pour prendre en compte explicitement l'autocorrélation spatio-temporelle.
18. Comme mentionné ci-dessus, le nouveau modèle permet l'application de pondérations, p. ex. l'utilisation de valeurs d'estimation de population pour calculer une PIKE pondérée en fonction de la population. À des fins de comparaison, les résultats de l'analyse de la PIKE sont présentés en **annexe 1** du présent rapport en utilisant : i) le modèle utilisé pour les rapports précédents (modèle des moyennes marginales estimées (LSmeans)) et ii) le nouveau modèle analytique recommandé (mise en œuvre bayésienne du modèle linéaire mixte généralisé (GLMM)), avec des résultats non pondérés (MM.p.uw) et pondérés (MM.p.w) par la taille de la population d'éléphants).
19. La moyenne marginale non pondérée de la PIKE (approche MM.p.uw) donne un poids égal à chaque site, quelle que soit l'estimation de la population d'éléphants sous-jacente sur chaque site MIKE. La moyenne

marginale pondérée de la PIKE (approche MM.p.w) pondère la valeur annuelle de la PIKE de chaque site par la taille estimée de la population d'éléphants sous-jacente. Pour l'Afrique, les données sur les populations ont été extraites du rapport sur l'état des éléphants d'Afrique de 2016 (Thouless *et al.*, 2016). Pour l'Asie, les estimations de population sur les sites MIKE fournies par les points focaux nationaux de MIKE lors des réunions sous-régionales ont été utilisées¹. La pondération en fonction de la taille de la population d'éléphants nécessite des estimations de population pour chaque site et chaque année. Pour attribuer ou extrapoler les valeurs de suivi manquantes, une approche de « dernière valeur reportée » a été adoptée (Gelman et Hill, 2006). Ainsi, pour chaque site, la dernière estimation de la population déclarée dans le rapport sur le statut des éléphants de 2016 est reportée jusqu'à la prochaine estimation faite dans le cadre du suivi. Pour les années précédant le premier comptage disponible, une stratégie inverse est utilisée – l'estimation du comptage le plus ancien est alors reportée. Il convient de noter que la pondération de la PIKE en fonction de la taille de la population a été effectuée à titre expérimental et nécessite des travaux supplémentaires qui seront entrepris par le Secrétariat CITES en collaboration avec le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS. Les travaux futurs pourront par exemple inclure l'examen de l'impact de différentes méthodes d'extrapolation ou d'interpolation, ainsi que l'incertitude dans les estimations de population.

20. Pour faciliter la transition vers le nouveau modèle, l'analyse des tendances de la PIKE a été calculée en utilisant l'approche analytique précédente [c.-à-d. les [moyennes marginales estimées](#) (LSMeans)], ainsi que la nouvelle approche utilisant le [GLMM bayésien](#) (non pondéré et pondéré par l'estimation de la population d'éléphants). Les résultats par les trois approches figurent en **annexe 1** du présent rapport. Le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS a recommandé l'utilisation du GLMM bayésien non pondéré pour interpréter les tendances de la PIKE au cours du temps jusqu'à ce que d'autres travaux sur le GLMM bayésien pondéré soient terminés et évalués. Dans le présent rapport, les résultats du modèle des [moyennes marginales estimées](#) (LSMeans) (approche précédente) et du [GLMM bayésien](#) non pondéré (**MM.p.uw** – moyennes marginales non pondérées par l'estimation de la population d'éléphants) (nouvelle approche) sont présentés dans le même graphique pour faciliter la transition vers la nouvelle analyse et pour fournir une comparaison visuelle des résultats (figures 2, 3 et 5).

Analyse des tendances de la PIKE en 2019 : Afrique

21. Cette section présente des informations actualisées depuis la CoP18, ainsi que les résultats de la nouvelle analyse. Le rapport à la CoP18 ([CoP18 Doc. 69.2 et son addendum](#)) a fourni une analyse des tendances reposant sur les données MIKE reçues jusqu'à la fin décembre 2018.
22. L'ensemble de données utilisées pour cette analyse des tendances de la PIKE en Afrique se compose de 20 712 enregistrements de carcasses d'éléphants trouvées entre 2003 et fin 2019 sur 63 sites MIKE dans 30 États de l'aire de répartition en Afrique, représentant un total de 711 sites-années.
23. Par rapport aux analyses produites pour la CoP18, l'analyse des tendances de la PIKE présentée dans ce document prend en compte 1294 enregistrements supplémentaires de carcasses d'éléphants rencontrés au cours de l'année 2019, qui ont été soumis par 58 sites MIKE en Afrique. Le nombre de sites MIKE ayant transmis des données est resté le même qu'en 2018 (58 sites en 2018 et 2019) (voir figure 1A).

¹ En Asie, une seule estimation par site MIKE a été utilisée pour l'analyse de la PIKE pondérée.

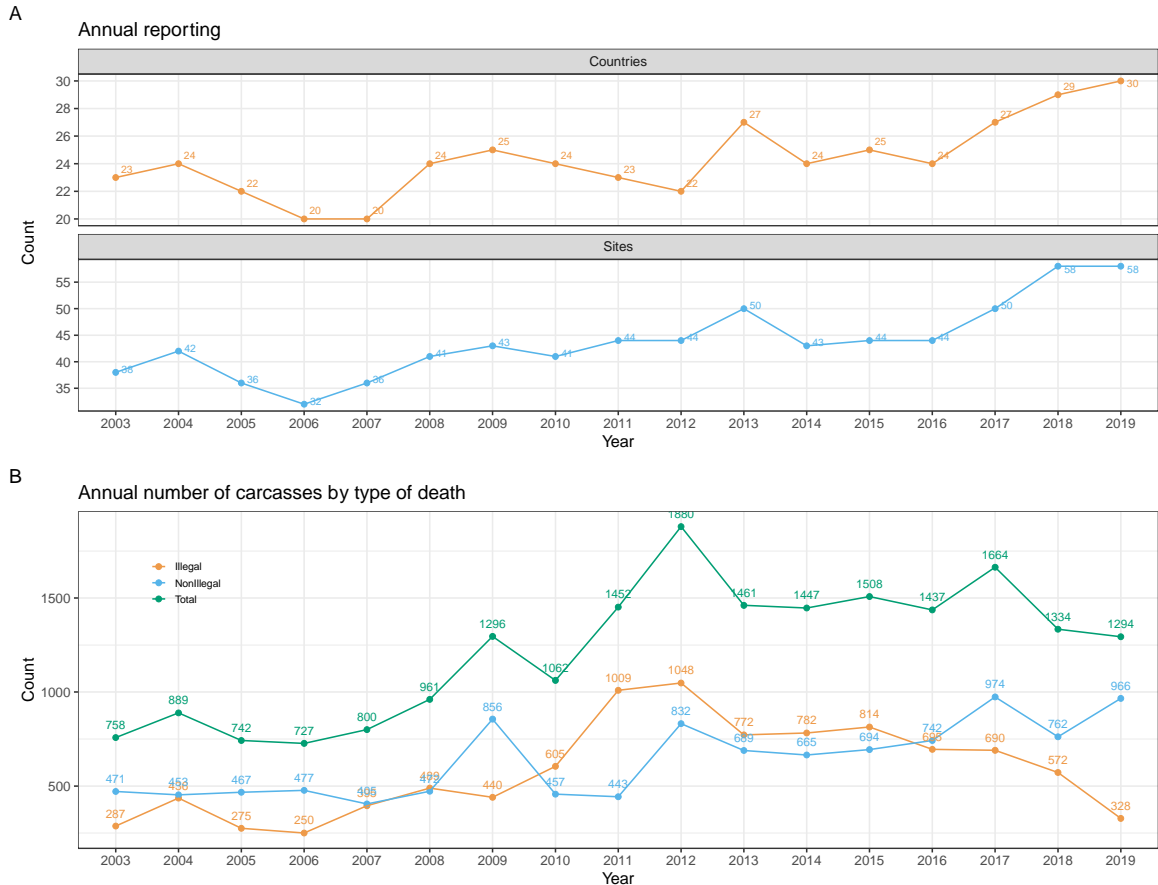


Figure 1 : A. Nombre de pays (orange) et de sites (bleu) MIKE ayant soumis des rapports (2003-2019). En 2019, le nombre de sites d'Afrique centrale, d'Afrique de l'Est, d'Afrique australe et d'Afrique de l'Ouest ayant transmis un rapport était respectivement de 10, 15, 17 et 16. B. Nombre total de carcasses signalées indépendamment des causes de la mort (vert), nombre de carcasses d'éléphants tués illégalement (orange) et nombre de carcasses d'éléphants n'ayant pas été tués illégalement (bleu) (mort naturelle, mort liée à la gestion et cause de la mort inconnue).

24. Tous les sites MIKE d'Afrique de l'Est et d'Afrique australe, 10 sites d'Afrique centrale (63 % des sites de la sous-région) et 16 sites d'Afrique de l'Ouest (89 % des sites de la sous-région) ont soumis des rapports en 2019. Parmi ces sites, trois sites d'Afrique centrale et sept sites d'Afrique de l'Ouest ont signalé qu'aucune carcasse n'avait été trouvée en 2019. En 2019, il a été soumis 40 enregistrements de carcasses de moins qu'en 2018 (voir figure 1B). Sur les 1294 carcasses signalées en 2019, 328 étaient celles d'éléphants abattus illégalement, contre 572 sur 1334 carcasses en 2018.

25. Comme indiqué au paragraphe 20, les résultats du modèle des moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et du GLMM bayésien non pondéré (**MM.p.uw** – non pondéré par l'estimation de la population d'éléphants) sont présentés sur le même graphique pour faciliter la transition vers la nouvelle analyse et la comparaison visuelle des résultats (figures 2 et 3).

Tendance de la PIKE à l'échelle du continent (Afrique)

26. La figure 2 représente la PIKE estimée à l'échelle du continent au cours des années d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et d'après le GLMM bayésien non pondéré (**MM.p.uw**) (nouvelle approche). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. Dans l'analyse bayésienne, un intervalle de confiance à 95 % est un intervalle dans lequel l'estimation de la PIKE a une probabilité de 95 % de se trouver.

27. Les estimations de la PIKE annuelle moyenne selon l'approche précédente (LSMeans) et la nouvelle approche (GLMM bayésien) suivent dans l'ensemble la même tendance : la PIKE augmente globalement de 2003 à 2010, pour atteindre un pic en 2011, et diminue de 2011 à 2019. La ligne de tendance des estimations non pondérées (MM.p.uw) de la PIKE dans le GLMM bayésien montre qu'il existe des preuves suffisantes pour confirmer une tendance à la hausse (augmentation de la PIKE) de 2003 à 2011, et une tendance à la baisse (diminution de la PIKE) de 2011 à 2019 (voir **annexe 2** pour le tableau présentant des détails la justification statistique de la tendance à la baisse). Au cours des cinq dernières années (2015 à

2019), l'estimation non pondérée de la PIKE à l'échelle du continent présente une tendance à la baisse avec un niveau de certitude supérieur à 95 %.

Annual continental PIKE estimates based on two statistical models

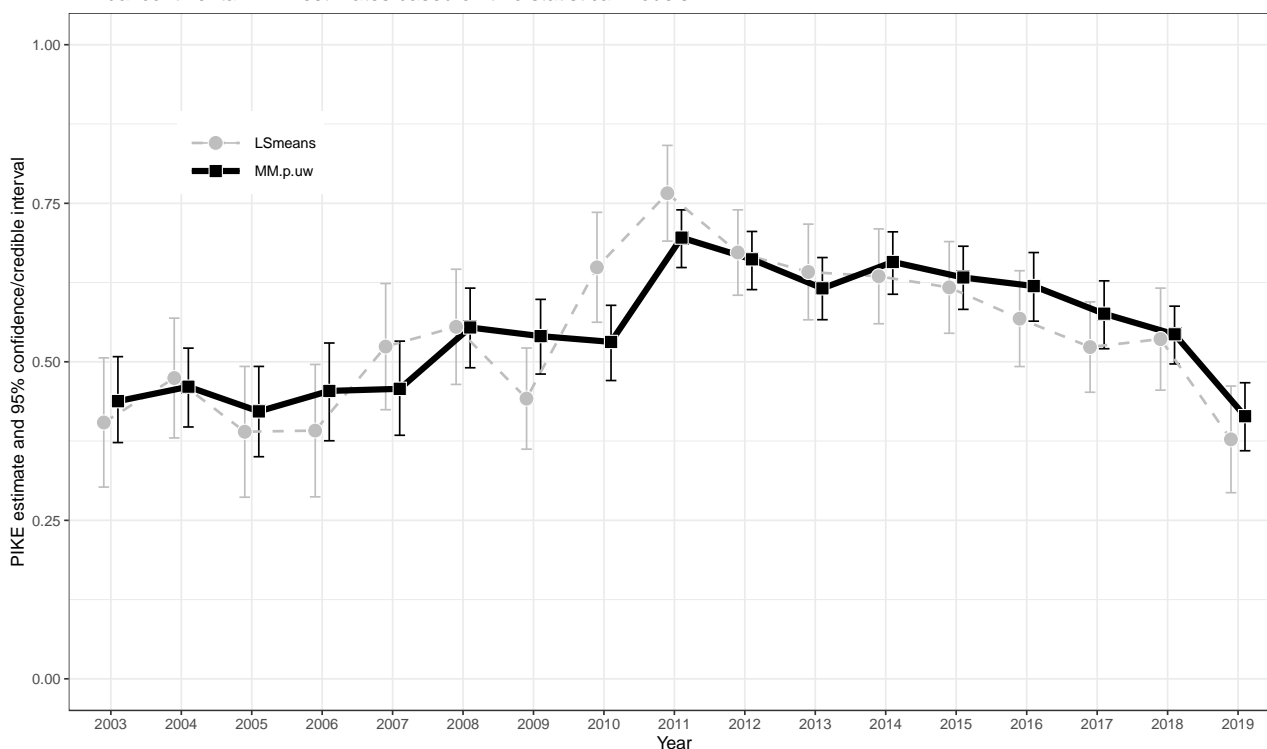


Figure 2 : Estimations de la PIKE à l'échelle du continent d'après le modèle précédent (ligne pointillée grise) (LSMeans) et d'après le GLMM bayésien (nouvelle approche) avec des résultats non pondérés (MM.p.uw) par l'estimation de la population d'éléphants (ligne continue noire). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE.

Tendances de la PIKE à l'échelle sous-régionale (Afrique)

28. Bien que la tendance de la PIKE à l'échelle du continent soit à la baisse depuis 2011, cela ne se vérifie pas dans les quatre sous-régions africaines. Il existe suffisamment de preuves pour confirmer une tendance à la baisse de la PIKE seulement en Afrique de l'Est et en Afrique australe. Ce n'est cependant pas le cas pour l'Afrique centrale et l'Afrique de l'Ouest, comme discuté ci-après. Les tendances à la baisse en Afrique de l'Est et en Afrique australe présentaient une ampleur et une portée similaires, et il est très probable que ces deux sous-régions contribuent de manière disproportionnée à la tendance à la baisse à l'échelle du continent, expliquant ainsi la tendance observée pour l'ensemble de l'Afrique.

29. La figure 3 représente la PIKE estimée à l'échelle sous-régionale au cours des années d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et d'après le GLMM bayésien non pondéré (MM.p.uw) (nouvelle approche). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. En général, les estimations de la PIKE moyenne annuelle pour les différentes régions selon l'approche précédente (LSMeans) et la nouvelle approche (GLMM bayésien) suivent globalement la même tendance. La moyenne marginale estimée (LSMeans) (ligne pointillée grise) pour l'Afrique de l'Est est cependant inférieure à l'estimation non pondérée dans le GLMM bayésien. Cela est lié à la façon dont les PIKE des sites MIKE sont agrégées pour estimer la PIKE au niveau sous-régional. L'estimation des moyennes marginales (LSMeans) (approche précédente) totalise effectivement les carcasses détectées et le nombre d'éléphants tués illégalement au niveau du pays, puis chaque pays reçoit un poids égal dans l'estimation de la PIKE sous-régionale, tandis que le GLMM bayésien donne à chaque site un poids égal lors de l'estimation de la PIKE sous-régionale. Dans l'approche précédente (LSMeans), les pays ayant plus d'un site MIKE recevaient donc le même poids que les pays ayant un seul site MIKE, ce qui entraînait une tendance à la baisse. Comme indiqué dans le paragraphe 20 ci-dessus, le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS a recommandé d'utiliser le GLMM bayésien non pondéré (MM.p.uw) pour interpréter les tendances de la PIKE au cours du temps.

Afrique centrale

30. Les estimations de la PIKE pour l'Afrique centrale sont présentées dans la figure 3A. D'après l'approche non pondérée du GLMM bayésien, des preuves solides montrent une tendance à la hausse de la PIKE de 2003 à 2011 puis un maintien à des niveaux élevés jusqu'en 2019. Le GLMM bayésien non pondéré pour les cinq dernières années n'a montré de tendance ni à la hausse ni à la baisse. L'estimation non pondérée de la PIKE en Afrique centrale reste élevée, avec une PIKE moyenne estimée à 0,74 (intervalle : [0,67 ; 0,80]) au cours des cinq dernières années (figure 3A). Les tendances de la PIKE propres aux sites dans la sous-région ont varié au cours des cinq dernières années ne montrant aucune preuve solide de baisse ou de hausse de la PIKE sur 11 des 14 sites ayant soumis des données au cours de cette période (78 % des sites MIKE ayant soumis des données).

Afrique de l'Est

31. Les estimations de la PIKE pour l'Afrique de l'Est sont présentées dans la figure 3B. Entre 2003 et 2019, l'estimation de la PIKE la plus élevée pour la sous-région se situe en 2011. D'après l'approche non pondérée du GLMM bayésien, des preuves solides montrent une tendance à la baisse de la PIKE de 2011 à 2019. La tendance montre que la PIKE est restée relativement stable de 2012 à 2015, et a ensuite amorcé une tendance à la baisse sur deux années jusqu'en 2017. Dans le document soumis à la CoP18 ([Doc. 69.2 et son addendum](#)), il a été signalé que l'estimation sous-régionale de la PIKE pour l'Afrique de l'Est avait diminué en 2017 en grande partie en raison d'un nombre élevé de décès naturels causés par une sécheresse majeure sur les sites MIKE du Kenya. Bien que la PIKE puisse être biaisée à la baisse si le nombre total de carcasses est élevé en raison de conditions environnementales défavorables telles que la sécheresse (Burn *et al.*, 2011), l'estimation non pondérée de la PIKE par le GLMM bayésien pour 2019 (PIKE = 0,28, intervalle de confiance à 95 % [0,22 ; 0,35]) est la valeur la plus basse depuis 2011 et, compte tenu des données, ne peut être attribuée à l'augmentation de la mortalité naturelle due à des facteurs externes tels que la sécheresse.

Afrique australe

32. Les estimations de la PIKE pour l'Afrique australe sont présentées dans la figure 3C. D'après l'approche bayésienne GLMM non pondérée, la PIKE a augmenté de 2003 à 2011 et a ensuite diminué (de 2011 à 2019). Entre 2015 et 2017, l'estimation de la PIKE est restée relativement stable, puis elle a amorcé une tendance à la baisse en 2018 qui s'est poursuivie en 2019. Dans la sous-région, alors que certains sites MIKE présentaient une tendance à la baisse, d'autres affichaient une tendance à la hausse au cours des cinq dernières années. Dans l'ensemble, la tendance des cinq dernières années est à la baisse en raison d'une diminution de l'estimation de la PIKE au cours des deux dernières années (2018 et 2019).

Afrique de l'Ouest

33. Les estimations de la PIKE pour l'Afrique de l'Ouest sont présentées dans la figure 3D. Le faible nombre de carcasses pour la sous-région ayant la plus petite population d'éléphants d'Afrique augmente le niveau élevé d'incertitude des estimations de la PIKE (c.-à-d. la largeur des intervalles de confiance). Il est difficile de déduire une tendance sous-régionale, surtout si l'on considère la forte contribution d'un seul site, la réserve de biosphère de la Pendjari, au nombre total de carcasses pour la sous-région. D'après l'approche bayésienne GLMM non pondérée, il existe de faibles signes d'une tendance à la baisse de la PIKE au cours des cinq dernières années. Cela doit cependant être interprété avec prudence. En 2019, un site, la Réserve de biosphère de la Pendjari (Bénin), a signalé à lui seul 48 % de toutes les carcasses de la région. Si la tendance régionale sur cinq ans est calculée de 2014 à 2018 (en excluant l'année 2019), il n'y a aucune indication d'une tendance à la baisse de la PIKE. Au cours des cinq dernières années, certains sites MIKE d'Afrique de l'Ouest affichaient une tendance à la baisse de la PIKE, et d'autres à la hausse.
34. Par rapport aux trois autres sous-régions, l'Afrique de l'Ouest abrite les plus petites populations d'éléphants. Elle a aussi signalé le plus petit nombre total de carcasses : 899 carcasses déclarées sur 17 ans (figure 3D).

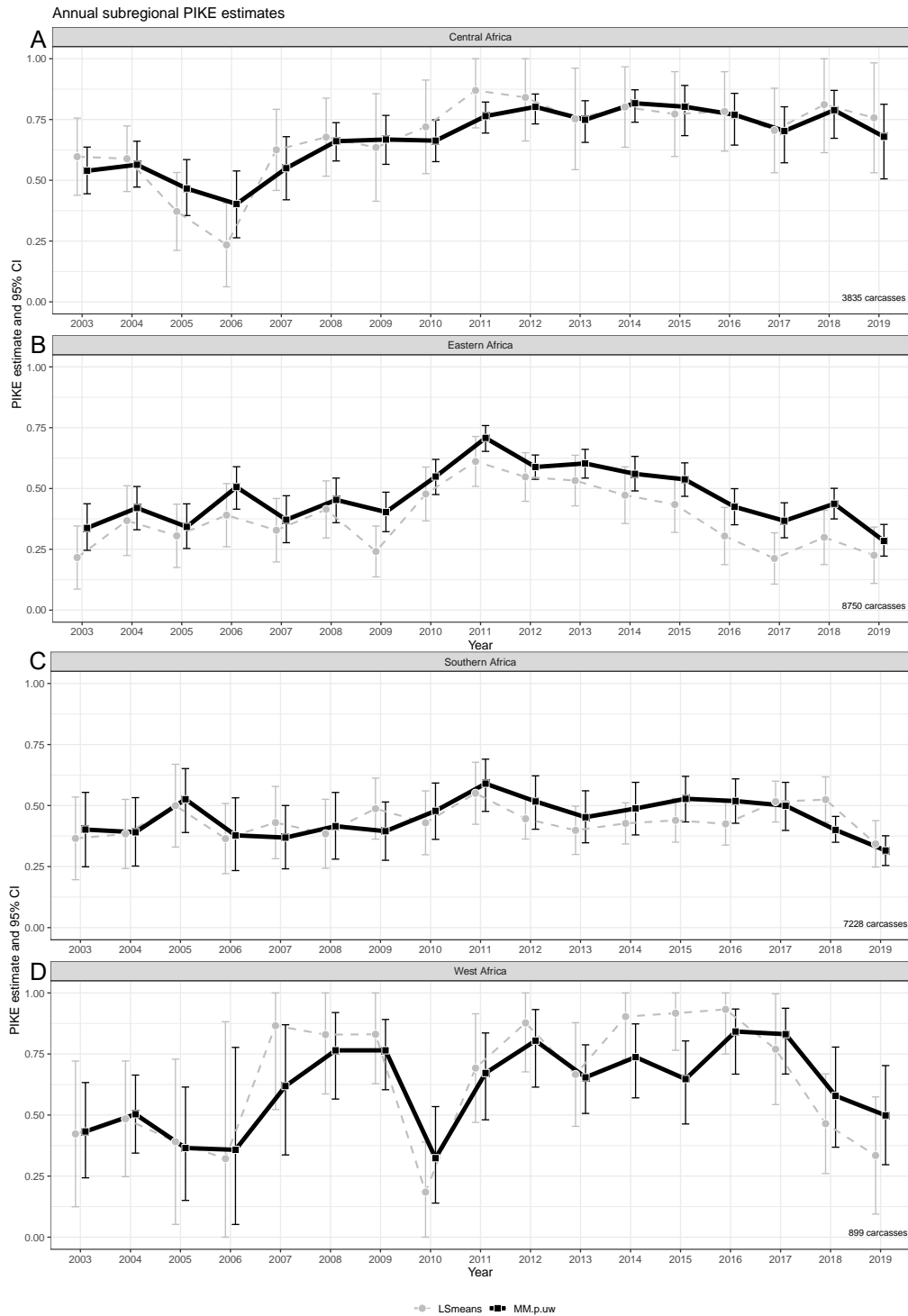


Figure 3 : Estimations sous-régionales de la PIKE sur plusieurs années d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente - ligne pointillée grise) et d'après le GLMM bayésien non pondéré (MM.p.uw) par l'estimation de la population d'éléphants (nouvelle approche - ligne continue noire). La barre d'erreur figure le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE et représente l'intervalle de confiance à 95 %. Le nombre total de carcasses (de 2003 à 2019) pour chaque sous-région est indiqué dans le coin inférieur droit de chaque graphique. A – Afrique centrale ; B – Afrique de l'Est ; C – Afrique australe ; et D – Afrique de l'Ouest

Analyse des tendances de la PIKE : Asie

35. Le Secrétariat CITES a fait rapport sur les niveaux et les tendances de l'abattage illégal des éléphants en Asie à la CoP18 dans le document [CoP18 Doc. 69.2](#). Les sites MIKE d'Asie du Sud-Est ont soumis des rapports jusqu'en 2019, mais malheureusement, les données sur les carcasses n'ont pas été transmises en 2018 et 2019 pour les sites MIKE d'Asie du Sud. Ainsi, la dernière analyse des tendances pour l'Asie va

donc de 2003 à 2017 en utilisant les données les plus récentes mises à jour dans la base de données en ligne MIKE.

36. Il convient de noter que le Programme MIKE de la CITES a mis en œuvre un processus de rapprochement des données lorsque les données sur les carcasses ont été transférées à la nouvelle base de données MIKE en ligne, et que l'analyse du présent rapport repose sur les enregistrements de carcasses vérifiés inclus dans la base de données. L'ensemble des données utilisées pour cette analyse se compose de 3252 enregistrements de carcasses d'éléphants trouvées de 2003 à fin 2017 sur 29 sites MIKE dans 13 États de l'aire de répartition en Asie, représentant un total de 210 sites-années (figure 4 A).
37. Environ 95 % des carcasses proviennent de sites MIKE d'Asie du Sud et les 5 % restants de sites MIKE d'Asie du Sud-Est. Il convient de noter que plus de 70 % des éléphants d'Asie se trouvent en Asie du Sud. En 2016, 11 sites MIKE ont signalé qu'aucune carcasse d'éléphant n'avait été détectée et, en 2017, 12 sites MIKE ont signalé qu'aucune carcasse n'avait été détectée.

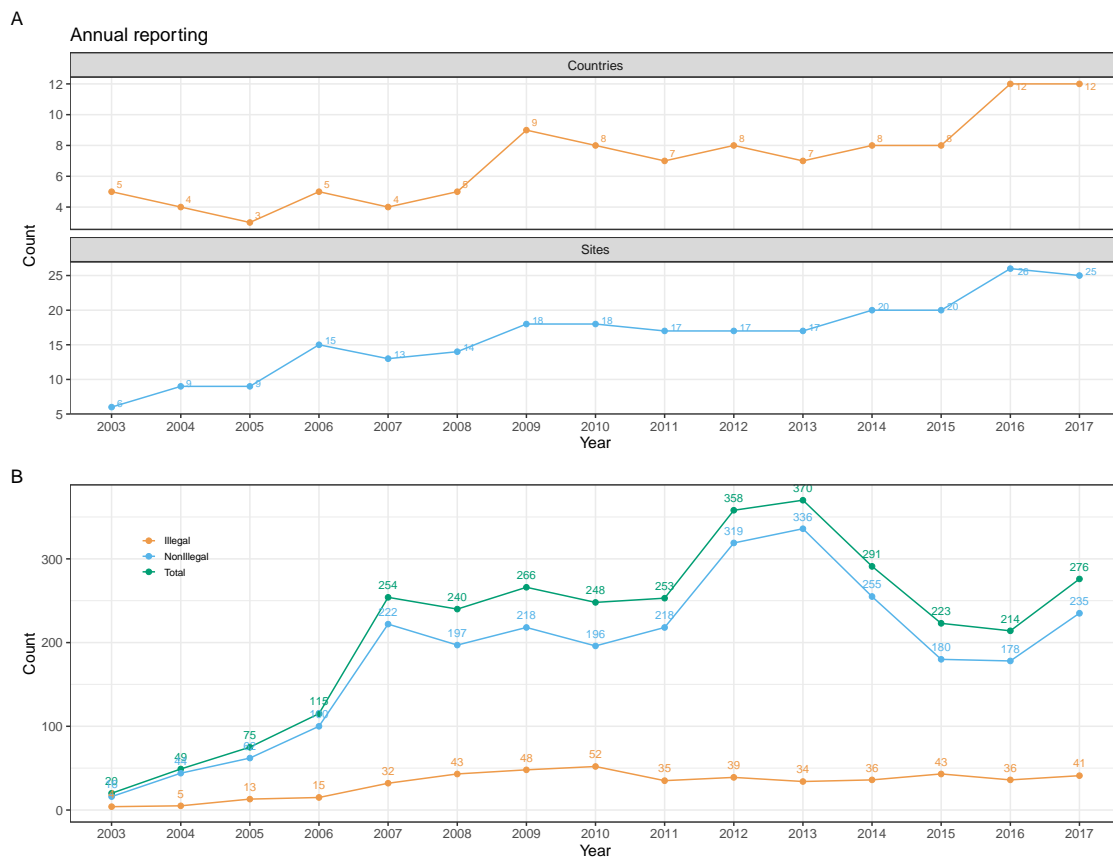


Figure 4 : (A) Nombre total de pays (orange) et de sites (bleu) ayant soumis des rapports par année. (B) Nombre total de carcasses signalées indépendamment des causes de la mort (vert), nombre de carcasses d'éléphants tués illégalement (orange) et nombre de carcasses d'éléphants n'ayant pas été tués illégalement (bleu) (mort naturelle, mort liée à la gestion et cause de la mort inconnue).

38. La figure 5 représente la PIKE estimée à l'échelle du continent au cours des années d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et d'après le GLMM bayésien non pondéré (MM.p.uw – non pondéré par la taille de la population d'éléphant) (nouvelle approche). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. Dans l'analyse bayésienne, un intervalle de confiance à 95 % est un intervalle qui contient la valeur réelle avec une probabilité de 95 %. Les estimations annuelles non pondérées de la PIKE (MM.p.uw) d'après le GLMM bayésien suivent les moyennes marginales estimées (LSMeans). La tendance de la PIKE d'après le GLMM bayésien non pondéré au cours des cinq dernières années est restée relativement stable, avec une valeur de la PIKE de 0,22 (intervalle de confiance à 95 % [0,053 ; 0,488]).
39. Il existe un écart important entre les estimations annuelles pondérées et non pondérées de la PIKE dans le GLMM bayésien. Dans ce modèle, l'estimation annuelle non pondérée de la PIKE est systématiquement plus élevée que l'estimation pondérée. Cela peut être lié au fait qu'il n'y a qu'une seule estimation de la

population d'éléphants actuellement utilisée pour les sites MIKE en Asie pour toutes les années. Par conséquent, les estimations de population (valeurs extrapolées) sont constantes de 2003 à 2017. Ceci et d'autres facteurs – tels que le fait que les sites MIKE en Inde ont de grandes populations d'éléphants et présentent en général des estimations faibles de la PIKE – peuvent expliquer pourquoi dans le GLMM bayésien l'estimation de la PIKE pondérée et l'estimation non pondérée diffèrent, avec une estimation pondérée inférieure à l'estimation non pondérée. Comme mentionné au paragraphe 20 ci-dessus, la pondération de la PIKE en fonction de la taille de la population a été effectuée à titre expérimental et nécessite des travaux supplémentaires qui seront entrepris par le Secrétariat CITES en collaboration avec le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS. Ces travaux supplémentaires comprendront des échanges avec les États de l'aire de répartition pour obtenir plus d'informations sur les estimations des populations au cours des années sur chaque site MIKE.

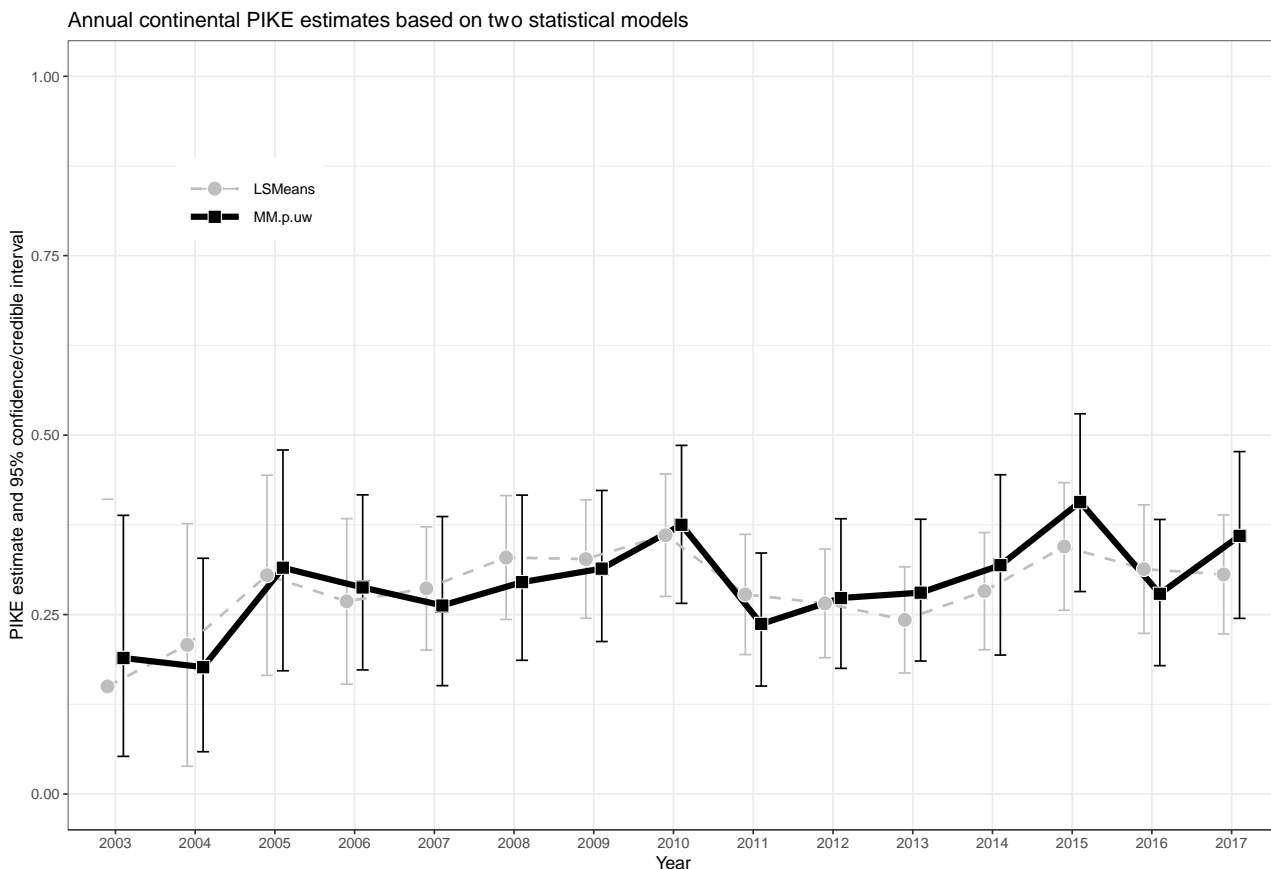


Figure 5 : Estimation de la PIKE à l'échelle continentale par le modèle précédent (LSMeans) et par la nouvelle approche bayésienne (MM.p.uw).

Références

Blanc, J. (2008). *Loxodonta africana*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T12392A3339343. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T12392A3339343.en>. Downloaded on 31 July 2017.

Burn RW, Underwood FM, Blanc J (2011) Global Trends and Factors Associated with the Illegal Killing of Elephants: A Hierarchical Bayesian Analysis of Carcass Encounter Data. PLoS ONE 6(9): e24165. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0024165>.

Gelman, A. and J. Hill. Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models. Cambridge university press, 2006, Ch 25: <http://www.stat.columbia.edu/~gelman/arm/missing.pdf>.

Thouless, C.R., H.T. Dublin, J.J. Blanc, D.P. Skinner, T.E. Daniel, R.D. Taylor, F. Maisels, H. L. Frederick and P. Bouché (2016). African Elephant Status Report 2016: an update from the African Elephant Database. Occasional Paper Series of the IUCN Species Survival Commission, No. 60 IUCN / SSC Africa Elephant Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland. vi + 309pp.

Wittemyer G., Northrup J.M., Blanc J., Douglas-Hamilton I., Omondi P., Burnham K.P. Illegal killing for ivory drives global decline in African elephants. *Proc Natl Acad Sci.* 2014; 111: 13117–13121. <https://doi.org/10.1073/pnas.1403984111> PMID: 25136107.

Zuur A., E.N. Ieno, N. Walker, A.A. Saveliev, G.M. Smith (2009) *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology With R.* 10.1007/978-0-387-87458-6_1.

RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES TENDANCES DE LA PIKE À L'AIDE DE LSMEANS ET DU GLMM BAYÉSIEN NON PONDÉRÉ ET PONDÉRÉ PAR L'ESTIMATION DE LA POPULATION D'ÉLÉPHANTS

Les figures de cette annexe présentent les résultats de l'analyse de la PIKE en utilisant les trois approches suivantes :

- i. les moyennes marginales estimées (LSmeans) (le modèle utilisé pour les rapports précédents) ;
- ii. les estimations non pondérées (MM.p.uw) d'après le modèle mixte linéaire généralisé (GLMM) bayésien ; et
- iii. les estimations pondérées par la taille de la population d'éléphants (MM.p.w) d'après le GLMM bayésien.

La figure A1-1 représente l'estimation de la PIKE continentale au cours du temps pour l'Afrique d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente - graphique orange) et d'après les valeurs non pondérées (MM.p.uw) (graphique bleu) et pondérées (MM.p.w) (graphique vert) selon la taille de la population d'éléphants dans le GLMM bayésien. La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. Dans l'analyse bayésienne, un intervalle de confiance à 95 % est un intervalle dans lequel l'estimation de la PIKE a une probabilité de 95 % de se trouver. Le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS a recommandé l'utilisation du GLMM bayésien non pondéré pour interpréter les tendances de la PIKE au cours du temps jusqu'à ce que d'autres travaux sur le GLMM bayésien pondéré soient terminés et évalués.

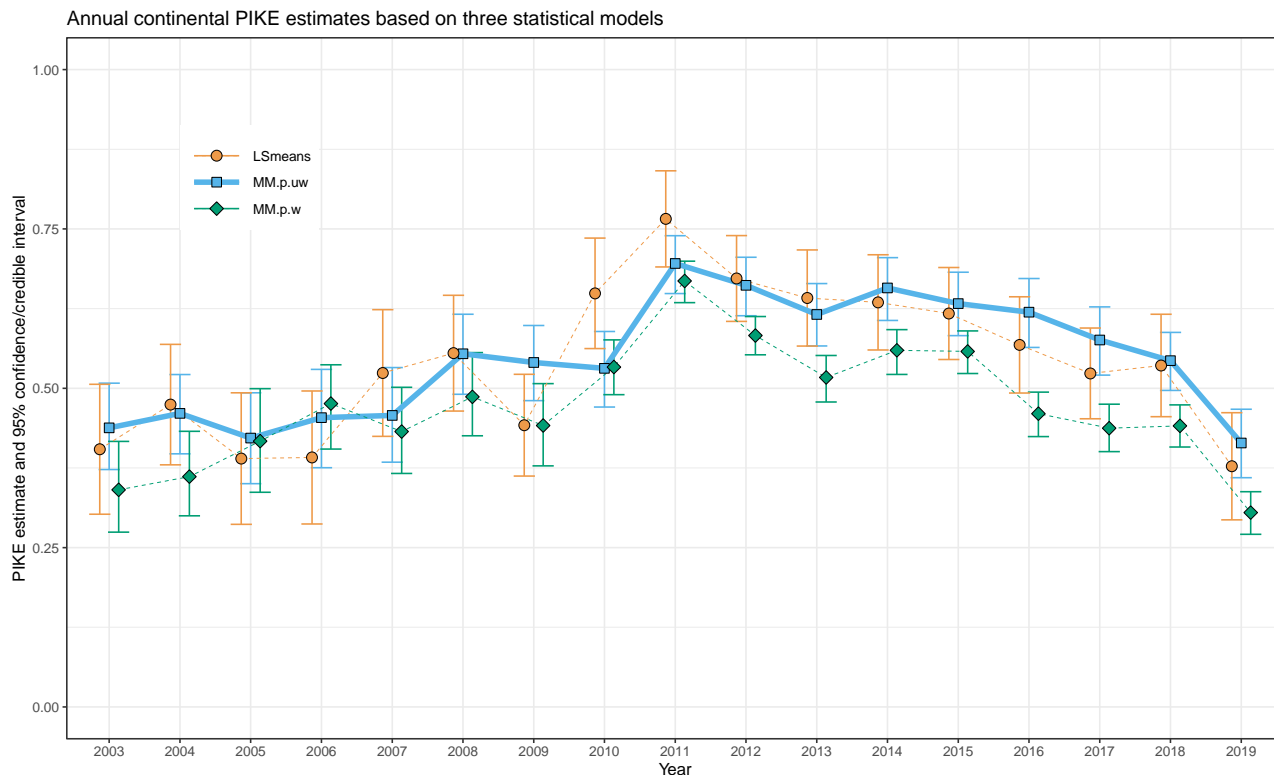


Figure A1-1 : Afrique – Les estimations de la PIKE à l'échelle du continent reposant sur le modèle précédent (orange) (LSMeans) et sur la nouvelle approche du GLMM bayésien avec des résultats non pondérés (bleu) (MM.p.uw) et pondérés (vert) (MM.p.w) par l'estimation de la population d'éléphants. La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE.

La figure A1-2 représente l'estimation de la PIKE au cours des années pour les sous-régions d'Afrique d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et d'après les valeurs non pondérées (MM.p.uw) et pondérées (MM.p.w) par taille de la population d'éléphants dans le GLMM bayésien (nouvelle approche). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. En général, les estimations de la PIKE annuelle moyenne pour les différentes régions selon l'approche précédente (LSMeans) et la nouvelle approche (GLMM bayésien) suivent globalement la même tendance. La moyenne marginale estimée (LSMeans) (ligne orange) pour l'Afrique de l'Est est cependant inférieure à l'estimation non pondérée et l'estimation pondérée dans le GLMM bayésien. Cela est lié à la façon dont les PIKE des sites MIKE sont agrégées pour estimer la PIKE à l'échelle sous-régionale. L'estimation des

moyennes marginales (LSMeans) (approche précédente) totalise effectivement les carcasses détectées et le nombre d'éléphants tués illégalement à l'échelle du pays, puis chaque pays reçoit un poids égal dans l'estimation de la PIKE sous-régionale, tandis que le modèle GLMM bayésien donne à chaque site un poids égal lors de l'estimation de la PIKE sous-régionale. Dans l'approche précédente (LSMeans), les pays ayant plus d'un site MIKE recevaient donc le même poids que les pays ayant un seul site MIKE, ce qui entraînait une tendance à la baisse. Comme indiqué dans le rapport, le Groupe consultatif technique MIKE-ETIS a recommandé l'utilisation du GLMM bayésien non pondéré (**MM.p.uw**) pour interpréter les tendances de la PIKE au cours du temps.

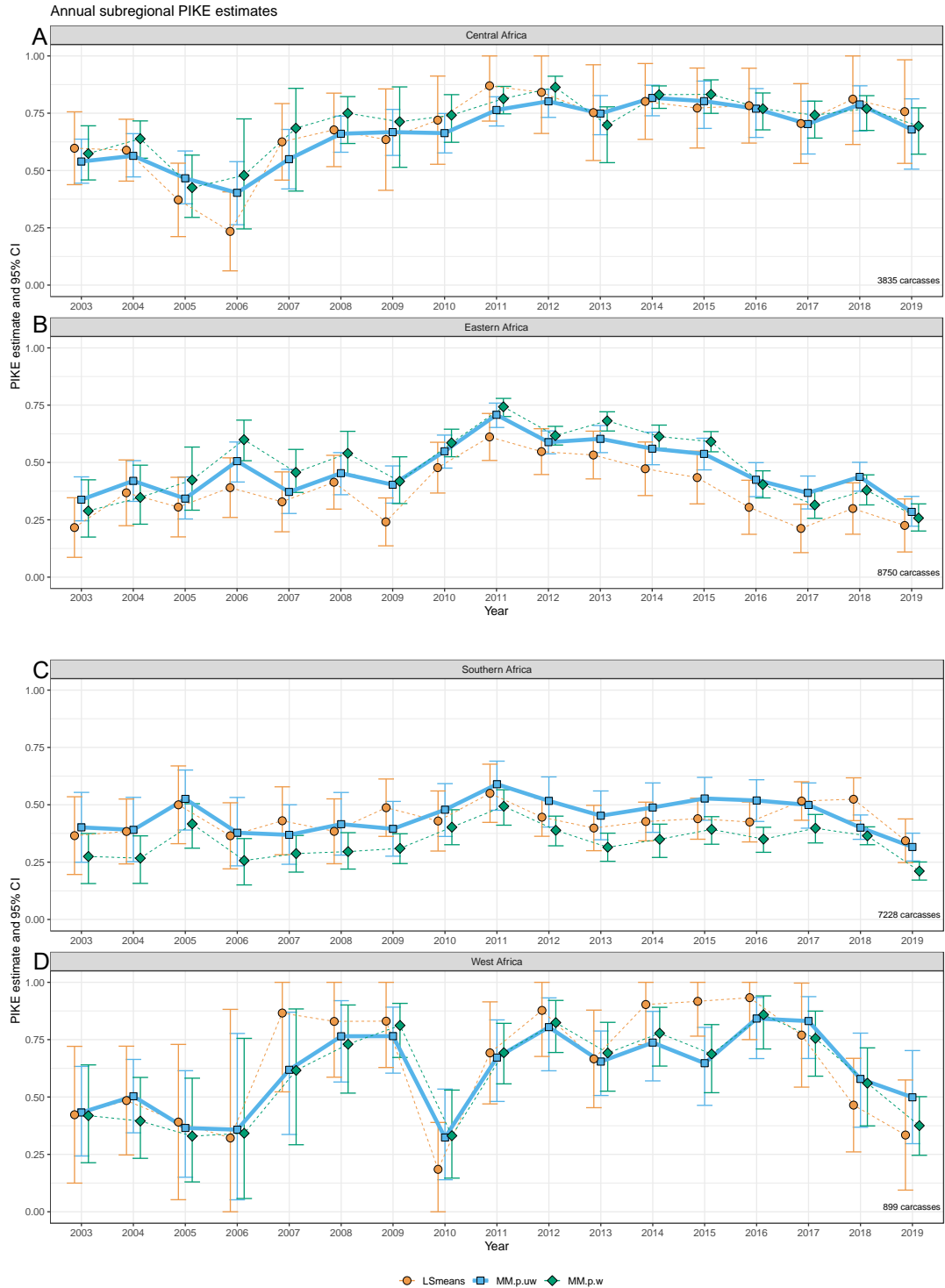


Figure A1-2 : Afrique – Estimations sous-régionales de la PIKE sur plusieurs années d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente – ligne pointillée orange) et d'après le GLMM bayésien non pondéré (MM.p.uw) (ligne continue bleue) et pondéré (MM.p.w) (ligne pointillée verte) par la taille de population d'éléphants. La barre d'erreur figure le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE et représente l'intervalle de confiance à 95 %. Le nombre total de carcasses (de 2003 à 2019) pour chaque sous-région est indiqué dans le coin inférieur droit de chaque graphique. A – Afrique centrale ; B – Afrique de l'Est ; C – Afrique australe ; et D – Afrique de l'Ouest.

La figure A1-3 représente l'estimation de la PIKE à l'échelle du continent au cours des années pour l'Asie d'après les moyennes marginales estimées (LSMeans) (approche précédente) et d'après les valeurs non pondérées (**MM.p.uw**) et pondérées (**MM.p.w**) par la taille de la population d'éléphants dans le GLMM bayésien (nouvelle approche). La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE. Dans l'analyse bayésienne, un intervalle de confiance à 95 % est un intervalle qui contient la valeur réelle avec une probabilité de 95 %. Les estimations annuelles non pondérées de la PIKE (MM.p.uw) d'après le GLMM bayésien suivent les moyennes marginales estimées (LSMeans). La tendance de la PIKE d'après le GLMM bayésien non pondéré au cours des cinq dernières années est restée relativement stable, avec une valeur de la PIKE de 0,22 (intervalle de confiance à 95 % [0,053 ; 0,488]).

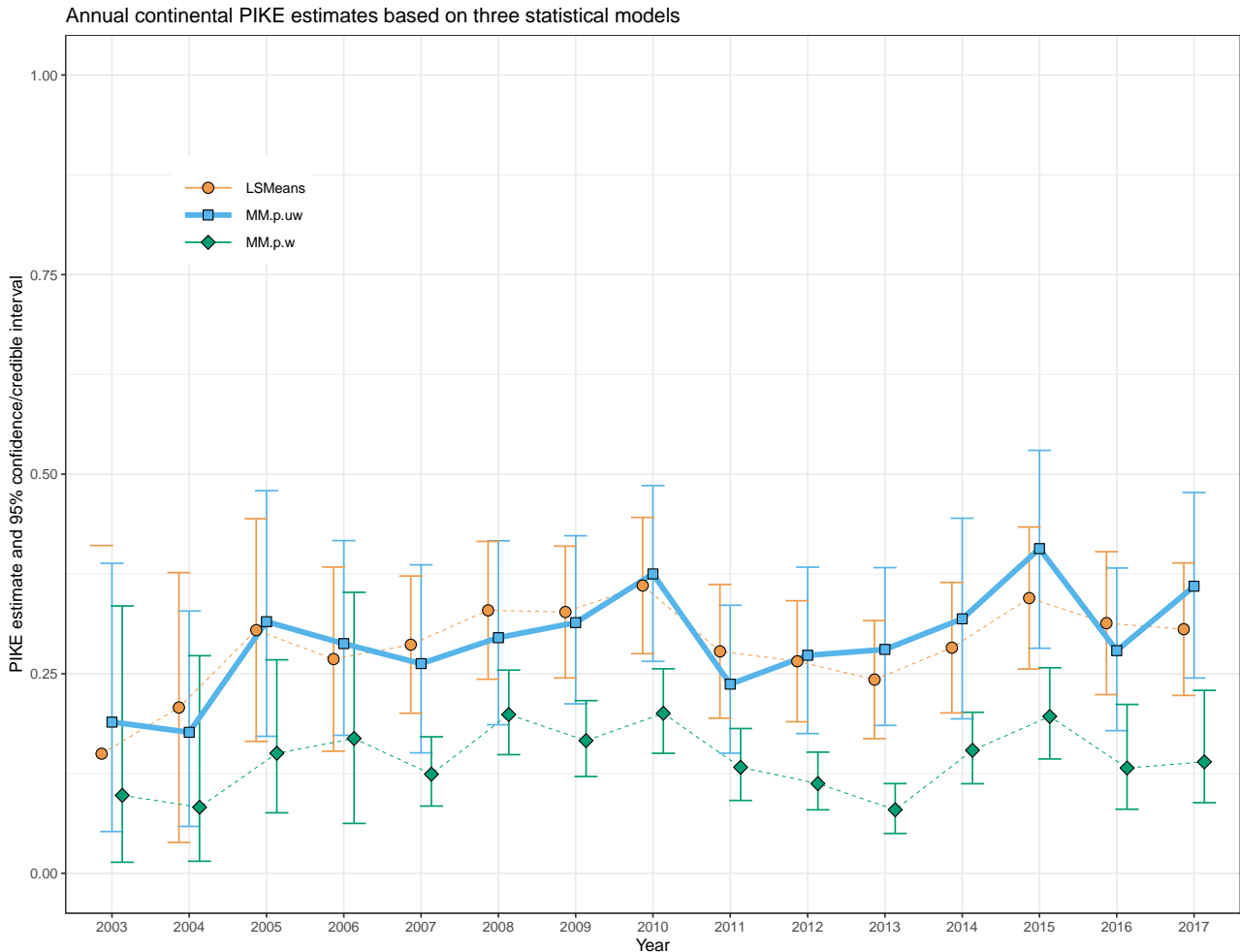


Figure A1-3 : Asie – Estimations de la PIKE à l'échelle du continent d'après le modèle précédent (orange) (LSMeans) et d'après la nouvelle approche bayésienne GLMM avec des résultats non pondérés (bleu) (MM.p.uw) et pondérés (vert) (MM.p.w) par l'estimation de la population d'éléphants. La barre d'erreur ou l'intervalle de confiance représente le niveau d'incertitude des estimations annuelles de la PIKE.

TENDANCES ESTIMÉES DE LA PIKE DANS LE GLMM BAYÉSIEEN NON PONDÉRÉ PAR RÉGION ET PÉRIODE ET JUSTIFICATION STATISTIQUE DE LA TENDANCE À LA BAISS

Région	Période / Années	Pente moyenne (estimation annuelle de la variation de la PIKE) (année ⁻¹)	Intervalle de confiance à 95 %	Probabilité que la tendance soit à la baisse	Niveau de certitude d'une tendance signalée (c.-à-d. la pente)
Afrique	2003-2010	0,017	[0,008 ; 0,026]	0,0 %	Tendance fortement certaine
	2011-2019	-0,026	[-0,033 ; -0,020]	99,9 %	Tendance fortement certaine
	2015-2019	-0,051	[-0,068 ; -0,035]	99,9 %	Tendance fortement certaine
Afrique centrale	2003-2011	0,038	[0,028 ; 0,049]	0,0%	Tendance à la hausse fortement certaine
	2011-2019	0,000	[-0,013; 0,012]	50,7%	Tendance incertaine
	2015-2019	-0,023	[-0,063 ; 0,015]	88,0 %	Tendance incertaine
Afrique de l'Est	2003-2011	0,038	[0,029 ; 0,046]	0,0 %	Tendance à la hausse fortement certaine
	2011-2019	-0,034	[-0,041 ; -0,027]	99,9 %	Tendance à la baisse fortement certaine
	2015-2019	-0,049	[-0,069 ; -0,029]	99,9 %	Tendance fortement certaine
Afrique australe	2003-2011	0,017	[0,004 ; 0,030]	0,005 %	Tendance à la hausse probable
	2011-2019	-0,013	[-0,023 ; -0,002]	99,0 %	Tendance à la baisse fortement certaine
	2015-2019	-0,054	[-0,079, -0,029]	99,9 %	Tendance fortement certaine
Afrique de l'Ouest	2003-2011	0,038	[0,016 ; 0,059]	0,0 %	Tendance à la hausse fortement certaine
	2011-2019	-0,006	[-0,027 ; 0,014]	71,7 %	Tendance incertaine
	2015-2019	-0,056	[-0,113 ; 0,002]	97,0 %	Tendance probable
	2014-2018	-0,012	[-0,068 ; 0,043]	68,0 %	Tendance incertaine

L'estimation de la pente indique combien la PIKE change en moyenne en une seule année sur une période donnée. Une valeur négative de la pente signifie que la tendance est à la baisse et une valeur positive qu'elle est à la hausse, L'intervalle de confiance donne l'intervalle des valeurs que la pente peut prendre avec une certitude de 95 %. La probabilité que la tendance soit à la baisse repose sur un modèle de régression linéaire de l'estimation a posteriori de la PIKE sur une période spécifiée. La probabilité d'une tendance à la baisse est fortement certaine lorsque la valeur de la probabilité est supérieure à 99,9 % (ou 0 % si la pente est positive), elle est probable avec une valeur de 97 % et incertaine avec une valeur inférieure à 95 %.