



Diplôme d'Université Trail Running

Trail-Running et bâtons : étude exploratoire de leur usage en descente

**Présenté par
BRUDER Maxime**

**Sous la direction de
EHRSTROM Sabine**

Promotion 2025

Résumé

L'usage de bâtons en trail-running est très répandu, notamment en montée. Cependant, son usage en descente est limité et peu d'études se sont intéressées à son analyse. La présente recherche a ainsi pour objectif d'investiguer les effets physiologiques et sur la performance de l'utilisation des bâtons en descente. Dans cette optique, six sujets ont effectué une courte descente à effort maximal dans deux conditions : avec bâtons (AB) et sans bâtons (SB). Le temps, la fréquence cardiaque (FC), le RPE ainsi que la vitesse ascensionnelle (Va) ont été mesurés dans les deux conditions. Basé sur la littérature, il était supposé que la fréquence cardiaque augmente en condition AB et le RPE diminue sous la même condition. Contrairement à l'hypothèse, une baisse du temps, de la FC, du RPE et de la Va a été observée pour la majorité des sujets en condition AB en comparaison à SB. Une baisse de Va moyenne de 9,5%, ainsi qu'une baisse du RPE moyen de 1,1 a été mesurée. Ces résultats suggèrent que l'usage des bâtons agit comme un frein en descente, limitant la performance tout en réduisant l'intensité et la fatigue physiologique. Leur efficacité dépend également de la technique du sujet. En lumière de ces résultats, une utilisation sur une descente courte et intense n'est pas recommandée. Pour des recherches futures, d'autres tests avec des descentes plus longues en sous maximales, des capteurs de puissance, ainsi que des tests de force seraient pertinents afin de mieux comprendre les bénéfices ou désavantages qu'induit une utilisation des bâtons en descente.

Table des matières

<u>RÉSUMÉ</u>	<u>2</u>
<u>INTRODUCTION</u>	<u>4</u>
<u>1. ANALYSE DE LA LITTÉRATURE</u>	<u>5</u>
1.1 EFFETS BIOMÉCANIQUES EN MONTÉE AVEC BÂTONS	5
1.2 EFFETS PHYSIOLOGIQUES EN MONTÉE AVEC BÂTONS	6
1.3 EFFETS EN DESCENTE	7
1.4 L'ENTRAÎNEMENT AVEC BÂTONS	7
<u>2. MÉTHODOLOGIE</u>	<u>8</u>
2.1 PARTICIPANTS	8
2.2 PROTOCOLE	10
<u>3. RÉSULTATS</u>	<u>10</u>
<u>4. DISCUSSION</u>	<u>13</u>
<u>5. CONCLUSION</u>	<u>15</u>
<u>6. BIBLIOGRAPHIE</u>	<u>17</u>
<u>7. WEBOGRAPHIE</u>	<u>19</u>

Introduction

Le trail-running est « une compétition pédestre ouverte à tous, dans un environnement naturel, avec le minimum possible de routes cimentées ou goudronnées (20% maximum) [...] incluant très souvent une partie de dénivelé » (ITRA, www.itra.run). La performance dans ce sport peut être évaluée de différentes manières. Selon le modèle de performance proposé par Hill (1923, 1924), puis revu et confirmé par Bassett & Howley (2000), elle est néanmoins limitée par différents facteurs. Ceux-ci sont : la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), la consommation d'oxygène aux seuils ventilatoires (FVO_{2max}) et le rendement énergétique (RE).

Le trail-running amenant plus de variations dans le type d'épreuve (du court à l'ultra) ainsi que dans les terrains (par exemple montagneux, vallonnée, sentiers), il présente des facteurs de performance plus complexes. Sur du trail court (inférieur à 42km dans l'étude), le modèle traditionnel présenté ne permet plus de prédire la performance de manière significative (Ehrström et al., 2018) et des ajustements sur les facteurs de performance spécifiques au trail-running sont alors nécessaires. On peut notamment citer un RE ajusté à l'inclinaison de pente, ainsi qu'un facteur d'endurance musculaire. En ultra-marathon (considéré comme des courses de plus de 24h dans l'étude), les facteurs de performance seraient encore différents (Millet et al., 2012). On souligne notamment l'apparition des facteurs psychologiques et motivationnels. Le terrain influence aussi ses facteurs de performance. Dans leur étude, Lemire et al. (2021) avait notamment pour objectif d'explorer les déterminants de la performance en descente et en montée chez des coureurs hautement entraînés. Ils déterminent ses facteurs de performance spécifique au terrain telle que la vitesse à VO_{2max} (vVO_{2max}) et la force maximale (F_{max}). Dans leur étude, ils évaluent la performance sur 5km en montée et en descente sur une pente moyenne de 8%. La composition corporelle, la VO_{2max} , la force maximale des extenseurs, la raideur et l'endurance musculaires des membres inférieurs sont mesurés sur les 10 participants. En montée, la vVO_{2max} est le facteur le plus impactant sur la performance (68,3 %), suivi par l'indice de masse corporel (14,1 %), tandis que la F_{max} a une part minime (2,8 %). En descente, la F_{max} devient le facteur physiologique le plus impliqué avec 50,7% contre 48% pour la vVO_{2max} , et 10,2% pour la raideur du complexe musculotendineux des membres inférieurs.

Le trail-running présente des facteurs plus complexes que la course à pied à plat. Ces paramètres supplémentaires ont amené les pratiquants à adapter leurs équipements aux conditions (crampons sur les chaussures, sacs d'hydratation, bâtons, ...). Les bâtons, déjà largement utilisés dans d'autres sports demandant une aide à la propulsion (marche nordique, ski-alpinisme, ski de fond par exemple) ou à l'équilibre (ski alpin, ski de randonnée), viennent naturellement compléter l'équipement de la plupart des pratiquants sur les courses de trail. Ils permettent notamment de s'économiser en montée, comme aide à la propulsion, retardant l'arrivée de la fatigue musculaire. La descente entraîne un travail excentrique important, ainsi que des dommages musculaires, une perte de force, des réactions biologiques et des douleurs retardées (Bontemps et al., 2020). Dans ce contexte, l'usage des bâtons apparaît comme une stratégie utile pour limiter la fatigue musculaire et améliorer la performance, notamment sur longue distance.

En revanche, leur utilisation reste parfois interdite, sur des trails comme Sierre-Zinal ou le Grand Raid de La Réunion, par mesure de sécurité ou par souci d'authenticité. Alors, effet de mode ? Biais marketing ? Réels bénéfices ? Les études se multiplient sur le sujet, notamment en montée, mais la littérature manque encore de données sur l'utilisation des bâtons en descente.

1. Analyse de la littérature

1.1 Effets biomécaniques en montée avec bâtons

Plusieurs études ont été réalisées, depuis les années 2000, sur les effets des bâtons sur la cinétique et la cinématique de marche (Daviaux et al., 2012 ; Giovanelli et al., 2023 ; Saller et al., 2023). Ces derniers permettent en effet d'aider à la propulsion et présentent des effets positifs sur la biomécanique et la physiologie de course. Daviaux et al. (2012) ont mené leur étude sur 10 coureurs, dans un test de terrain fait d'une boucle contenant une montée (+9° de pente), du plat et une descente (-6°). Ils avaient comme objectif d'étudier l'effet de l'utilisation des bâtons sur l'interaction pied-sol lors de la course en trail sur des pentes de différentes inclinaisons. Les participants étaient séparés en 2 groupes : avec et sans bâtons. Les coureurs devaient effectuer 3 boucles avec une vitesse de 3,2 m/s. Ils ont observé, pour le groupe avec bâtons, une baisse du temps de force total (impulsion) en absolu et en relatif sur la partie médiale de l'avant pied.

Ce résultat démontre une implication des bâtons dans la propulsion, mais aucun résultat significatif en montée n'a été trouvé.

L'étude de Giovanelli et al. (2023) avait pour objectif d'examiner si l'utilisation de bâtons influence la force exercée par les pieds au sol, les variables cardiorespiratoires et la performance maximale lors de la marche en montée. Elle a regroupé 15 participants dans un test réalisé en 4 sessions : 2 tests d'effort maximal en marchant sur tapis incliné, avec et sans bâtons ; 2 tests d'effort (un sous maximal et un maximal) sur une course de trail sur terrain, avec et sans bâtons pour chaque condition. Les résultats montrent que l'utilisation des bâtons, sur tapis et en extérieur, permet de réduire la force de réaction au sol, et ainsi d'améliorer la performance de marche en montée. Cette baisse de la force d'impact au sol se traduit par une augmentation de la force d'impact des bâtons sur tapis. Les bâtons permettent d'économiser les jambes en montée, sans coût métabolique supplémentaire. Cette étude rejoint les résultats d'une méta-analyse de Saller et al. (2023) portant sur 31 études. Concernant les effets biomécaniques, 11 études constatent une diminution de la pression plantaire ainsi qu'une réduction de la force de réaction au sol grâce à l'utilisation des bâtons. Trois autres études consacrées à l'utilisation des muscles du tronc et du haut du corps montrent une sollicitation accrue lors de l'utilisation de bâtons.

1.2 Effets physiologiques en montée avec bâtons

Giovanelli et al. (2019) ont testé 14 pratiquants de trail afin de mesurer et de comparer leur dépense énergétique à des inclinaisons variées, avec et sans bâtons. Les inclinaisons étaient les suivantes : 10.1°, 15.5°, 19.8°, 25.4°, 29.8°, 35.5° et 38.9°. L'utilisation des bâtons s'avère moins coûteuse qu'une marche sans, pour les inclinaisons de 25.4°, 29.8° et 35.5°. La perception de l'effort (RPE) (Borg, 1982) était significativement plus faible sur les inclinaisons de 15.5°, 19.8°, 29.8°, 35.5° et 38.9°. Les auteurs recommandent l'utilisation des bâtons lors des montées, car ils constatent une baisse du RPE pour une dépense métabolique égale.

Saller et al. (2023) ont également étudié les effets physiologiques. Dans les 7 études analysant la consommation d'oxygène (VO₂), peu importe le protocole utilisé, elles montrent toutes une augmentation de VO₂ à la montée. De même, aucune étude n'a démontré une augmentation du RPE. La fréquence cardiaque était soit plus rapide avec bâtons, soit non-significativement

différente. Howatson et al. (2011), ont mesuré les dommages musculaires après une marche de 11km et 700m de dénivelé positif et négatif. Ils ont constaté une baisse des dommages musculaires par l'utilisation des bâtons. L'activation des muscles du haut de corps pour manier les bâtons se traduit par une augmentation de la consommation d'oxygène (VO₂), du volume de ventilation, ainsi que de la consommation calorique (Saller et al., 2023). Dans une pente supérieure à 20°, la relation entre dépense métabolique avec ou sans bâtons devient similaire (Giovanelli et al., 2023). Les bâtons présentent de nombreux avantages dans leur utilisation à la montée en trail running. Ces bénéfices dépendent de l'usage qu'en fait le coureur, car une technique adaptée est nécessaire afin d'optimiser leur effet et la performance de manière générale (Giovanelli et al., 2019).

1.3 Effets en descente

Peu d'études se sont concentrées sur l'utilisation des bâtons en descente dans le trail-running. Selon Daviaux et al. (2012), l'utilisation de bâtons à la descente permet de réduire le temps d'application de la force ainsi que le temps de force total en absolue sur la partie médiale du talon. Ces mesures traduisent une baisse de pression plantaire dans le temps sur le talon. Les bâtons jouent ainsi un rôle facilitateur dans la descente, en absorbant les chocs.

Les bâtons présentent également des bénéfices après les entraînements. Dans l'étude de Howatson et al. (2011), une baisse des dommages musculaires a été observée avec l'utilisation des bâtons. Cette baisse de dommage se traduit par une réduction des courbatures, de la fatigue, et de créatine kinase après l'entraînement. Néanmoins, le protocole de cette étude ne permet pas de déduire si c'est l'utilisation des bâtons à la montée, à la descente, ou les deux, qui permettent d'obtenir ses résultats.

1.4 L'entraînement avec bâtons

Au-delà des bénéfices en compétition, une utilisation des bâtons à l'entraînement permet de réduire le risque de blessure, notamment sur des terrains et dans des conditions difficiles (Tvznik et Kutek, 2014). Cet usage permet également de réduire la monotonie à l'entraînement, facteur de blessure majeur lorsque le volume d'entraînement devient important (Tvznik et Kutek, 2014), comme lors de préparations de trails longs ou d'ultratrail.

Suivant cette logique et prenant en considération que les bâtons limitent les dommages musculaires, il devient intéressant d'examiner si l'utilisation des bâtons à la descente peut contribuer à retarder la fatigue musculaire et améliorer la performance, en particulier sur des longues distances.

L'objectif de ce travail est d'étudier la descente avec bâtons, afin d'offrir une meilleure compréhension de leur effet sur des athlètes plus ou moins expérimentés. Il s'agira ainsi de comparer des données physiologiques et de performance entre différents traileurs sur une même descente, avec ou sans utilisation de bâtons. Cette étude suppose que l'utilisation des bâtons sur une courte descente technique permet de réduire la perception de l'effort, malgré une demande physiologique plus importante, accompagnée d'une baisse de la performance.

2. Méthodologie

2.1 Participants

Les participants étaient composés de 4 hommes et de 2 femmes, avec ses données physiologiques, ainsi que le niveau d'utilisation des bâtons (voir Figure 1). La figure 2 présente les caractéristiques moyennes des participants. Le niveau moyen était mesuré à l'aide de l'indice de performance de l'ITRA des participants. Cet indice de performance est « un outil permettant d'estimer le niveau de performance d'un coureur. Il est calculé en obtenant la moyenne pondérée des 5 meilleures cotes réalisées par un coureur sur les 36 derniers mois (pour l'indice général ou l'indice par catégorie) » (ITRA, <https://www.itra.run>). La moyenne féminine est de 444 points, soit un niveau intermédiaire 3. La moyenne masculine est de 573 points, soit un niveau avancé. La moyenne globale est de 522 ± 104 points, soit un niveau avancé 4 selon les cotations ITRA.

Les critères d'inclusion étaient les suivants : les sujets ont une pratique régulière du trail-running (supérieur à 2 fois par semaine) et utilisent les bâtons en trail-running de manière plus ou moins régulière. La taille des bâtons ainsi que la technique utilisée étaient libres.

Figure 1 : Tableau des données récoltées sur les 6 sujets

	Taille	Poids	Age	Utilisation des bâtons
Sujet 1	173	74	31	Modéré
Sujet 2	176	67	38	Faible
Sujet 3	160	67	38	Forte
Sujet 4	181	73	63	Forte
Sujet 5	171	72	37	Faible
Sujet 6	163	57	29	Modéré

Figure 2 : Tableau de la moyenne des données récoltées sur les 6 sujets

	Moyenne $\pm$ écart-type
Age (année)	39 $\pm$ 12
Taille (cm)	170,7 $\pm$ 7,9
Poids (kg)	68,3 $\pm$ 6,3
Côte ITRA	522 $\pm$ 104
VMA (km/h)	16,6 $\pm$ 2,7

Avant les tests, les participants ont été questionnés sur leur fréquence d'utilisation des bâtons, avec comme catégorie de réponse : « faible, utilisation uniquement en course », « modéré, utilisation en course et occasionnellement à l'entraînement », « forte, pratiquement toutes les courses en entraînements ». Deux sujets ont rapporté un usage limité des bâtons, deux autres un usage modéré, tandis que les deux derniers ont indiqué un usage fort.

2.2 Protocole

Le test a été effectué à Grenoble dans des conditions chaudes (supérieur à 30°). Le lieu consistait en une descente de 220 mètres de long pour 50 mètres de dénivelé, avec une pente moyenne de 15 %, d'une technicité intermédiaire (quelques obstacles sur le chemin et visibilité moyenne).

Les participants ont pu repérer la pente avec deux montées et une descente avant le premier passage. Ils avaient pour consigne de descendre la pente le plus rapidement possible, tout en faisant attention au risque de chute afin d'éviter les blessures. Une descente était effectuée pour chaque condition, soit avec bâtons (AB) et sans bâtons (SB).

À chaque fin de descente, le chercheur questionnait oralement les participants afin d'évaluer leur ressenti à l'aide d'une échelle de RPE allant de 1 à 10. Les réponses étaient ensuite notées par le chercheur. La fréquence cardiaque et le temps ont également été mesurés à l'aide des montres connectées des participants, toutes de la marque Garmin, ainsi que du logiciel Garmin Connect et Nolio.

3. Résultats

La figure 3 présente les résultats individuels pour l'ensemble des paramètres mesurés. La figure 4 illustre le temps en seconde pour chaque participant. Le temps est plus faible en condition SB pour 5 sujets. Le temps est plus faible en condition AB pour 1 sujet. La figure 5 montre le RPE estimé par sujet à la fin de chaque condition. Le RPE est plus faible en condition AB pour 5 sujets. Le RPE AB est plus élevé pour 1 sujet. Notons que les différences de temps et de RPE ne sont pas observées sur le même sujet. Enfin, la FC_{moy} est plus faible en condition AB pour la totalité des sujets.

Figure 3 : Tableau des valeurs de temps, RPE et FC_{moy} des deux conditions

	Utilisation des bâtons	Temps AB (s)	Temps SB (s)	RPE AB	RPE SB	FC_{moy} AB (bpm)	FC_{moy} SB (bpm)
Sujet 1	Modéré	50	49	8	7	135	139
Sujet 2	Faible	58	44	5	7,5	120	128
Sujet 3	Forte	59	62	4	5	129	143
Sujet 4	Forte	62	52	5	6	109	124
Sujet 5	Faible	66	58	5	6	113	120
Sujet 6	Modéré	61	56	6	8	113	115

Figure 4 : Graphique des valeurs de temps par participants

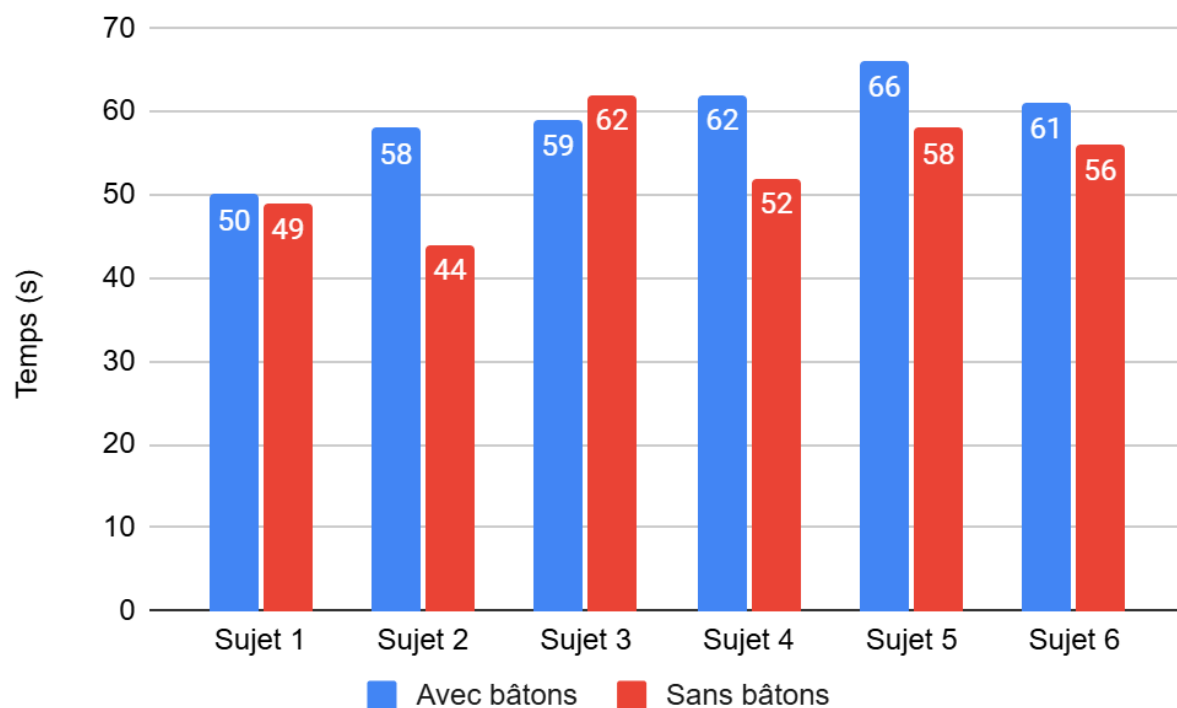
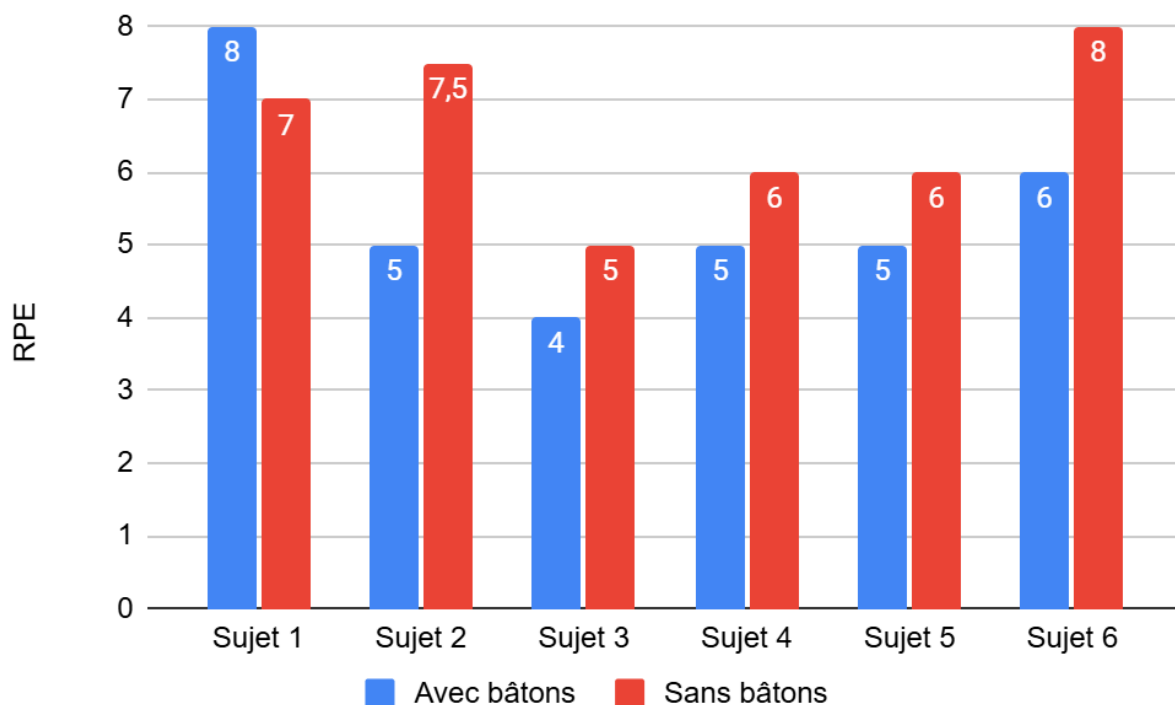


Figure 5 : Graphique des valeurs de RPE par participants



La figure 6 présente les valeurs moyennes des sujets. Le temps moyen AB (T_{moyAB}) est plus élevé ($59,3 \pm 5,4$ secondes) que le temps moyen SB (T_{moySB}) ($53,5 \pm 6,5$ secondes). Le RPE moyen AB ($RPE_{\text{moy AB}}$) est plus faible ($5,5 \pm 1,4$) que le RPE moyen SB ($RPE_{\text{moy SB}}$) ($6,6 \pm 1,1$). La FC moyenne AB ($FC_{\text{moy AB}}$) est plus faible (120 ± 10) que la FC moyenne SB ($FC_{\text{moy SB}}$) (128 ± 11).

Figure 6 : Tableau des valeurs moyennes de temps, RPE et FCmoy

T_{moyAB} (s)	T_{moySB} (s)	$RPE_{\text{moy AB}}$	$RPE_{\text{moy SB}}$	$FC_{\text{moy AB}}$ (bpm)	$FC_{\text{moy SB}}$ (bpm)
$59,3 \pm 5,4$	$53,5 \pm 6,5$	$5,5 \pm 1,4$	$6,6 \pm 1,1$	120 ± 10	128 ± 11

Un calcul de la vitesse ascensionnelle (V_a) a été réalisé : en connaissant le dénivelé (d) de la pente (50 mètres) ainsi que le temps de passage AB et SB des participants en seconde (t), les

calculs suivants ont été effectués : $V_a = d / (t/3600)$. La différence entre les V_a SB et AB ont ensuite été comparés en % avec cette formule : $\text{Diff}V_a = 100 - (V_{aAB} * 100 / V_{aSB})$.

Les résultats observés et représentés par la figure 7 indiquent une baisse de 9,5% en moyenne de la V_a sur la condition AB. La V_{aSB} est supérieure à cette moyenne de 9,5% chez 3 participants. Pour 2 participants, la V_{aSB} reste positive mais se situe sous la valeur moyenne. Pour un participant, la V_{aSB} est négative.

Figure 7 : Calculs des V_a en fonction des conditions et différences en % entre les valeurs AB et SB

	V_{aAB} (m/h)	V_{aSB} (m/h)	Diff V_a (%)
Sujet 1	3600	3673	2
Sujet 2	3103	4091	24
Sujet 3	3051	2903	-5
Sujet 4	2903	3462	16
Sujet 5	2727	3103	12
Sujet 6	2951	3214	8

4. Discussion

Des différences notables sont observées entre les conditions AB et SB. La performance, mesurée par le temps de descente, est meilleure chez 5 des 6 participants dans la condition SB. Seul un participant présente un temps plus faible dans la condition SB. On peut également mesurer la performance à l'aide de la V_a calculée (indicateur de vitesse). Les valeurs absolues sont à interpréter avec prudence, sachant que la consigne était de descendre le plus rapidement possible sur une courte distance. La valeur moyenne de V_{aAB} est inférieure à la valeur moyenne de V_{aSB} de 9,5%. Une baisse de vitesse, et donc de performance est confirmée sur l'utilisation des bâtons dans une courte descente à effort maximal pour 5 des 6 sujets. Le sixième sujet présente une

amélioration de la performance de 5% sur la V_{aAB} , et une réduction de son temps AB de 3 secondes comparé au temps SB. Ce sujet en particulier avait précisé utiliser les bâtons de manière quasi-constante, notamment en descente, contrairement aux autres participants. Comme mentionné dans l'étude de Giovanni et al. (2019), une technique de bâtons adaptée est nécessaire afin de maintenir les bénéfices qu'ils apportent. Un lien entre la technique de bâtons et la performance en descente serait une piste à explorer. Par ailleurs, un lien entre la technique de bâtons et la technique de descente pourrait également exister. La baisse de la vitesse et de la performance pourrait être due à une limitation causée par la coordination et la technique de descente nécessaire au maintien de telles V_a .

Les résultats montrent que la FC_{moy} AB est plus faible que la FC_{moy} SB. Ceci peut s'expliquer par différents facteurs : une baisse de la demande physiologique, la technicité du terrain, la technique de descente pure ou la technique de bâtons. Les études de Saller et al. (2023) et Giovanelli et al. (2023) indiquent une augmentation de la demande physiologique avec l'utilisation des bâtons en montée, dû à un recrutement accru des muscles du haut du corps. Le facteur qui pourrait influencer la FC_{moy} entre les conditions AB et SB n'est pas l'augmentation de la demande physiologique.

Selon Saller et al. (2023), malgré une augmentation de la demande métabolique lors de l'utilisation des bâtons à la montée, on observe tout de même un maintien du RPE à l'effort. Dans notre étude, les RPE AB sont plus faibles que les RPE SB, à l'exception d'un sujet. Celui-ci a précisé avoir plus de difficulté dans l'usage des bâtons lors d'un effort maximal. Cette tendance rejoint les résultats de l'étude de Howatson (2011), qui constatent une baisse du RPE lors de l'utilisation des bâtons à la descente par des randonneurs.

En comparant les résultats de la présente étude avec ceux de Saller et al. (2023) et Giovanelli et al. (2019), nous pouvons supposer que malgré une demande métabolique accru due à l'utilisation des muscles du haut du corps, la FC_{moy} reste plus faible en condition AB. Le RPE diminue ainsi que la performance pour la plupart des sujets. L'utilisation des bâtons agirait alors comme un frein, ne permettant pas aux coureurs d'optimiser leur technique de descente. Cela a pour impact de réduire l'intensité de l'effort, que l'on observe avec une baisse de la FC_{moy} AB et une baisse du RPE AB en comparaison avec la condition SB.

Au vu des résultats de Daviaux et al. (2012), on peut émettre l'hypothèse que la baisse du RPE est due à une demande mécanique plus faible, les bâtons absorbant légèrement les forces d'impact. Des recherches plus poussées sur les facteurs biomécaniques, notamment sur la force d'impact des bâtons et sur les talons seraient pertinentes afin de déterminer si l'utilisation de bâtons à la descente améliorerait la performance, notamment sur des longues distances, où la fatigue musculaire devient importante. Investiguer sur la fatigue post-séance serait pertinent au vu des conclusions de Howatson et al. (2011), afin de déterminer si l'usage des bâtons permettrait de limiter les dommages musculaires. Notons également que les bâtons pourraient avoir un impact sur le facteur psychologique à la descente, permettant aux utilisateurs de mieux s'engager en se sentant plus en sécurité.

L'hypothèse n'est donc pas validée : l'utilisation des bâtons dans une courte descente permet bien de réduire le RPE avec une réduction de la performance, mais sans demande physiologique accrue. L'effet des bâtons sur la contrainte mécanique reste inconnu dans cette étude.

L'étude présente de nombreuses limites : le faible nombre de participants ainsi que le regroupement des résultats des sujets de sexe différents. Les appareils de mesures n'étaient pas standardisés, amenant des variations dans les mesures. Sans statistiques, il est difficile de dire si les résultats sont significatifs et généralisables.

5. Conclusion

En conclusion, l'utilisation des bâtons à la descente sur une courte pente ne paraît pas bénéfique pour la plupart des pratiquants. Cependant, dans des formats longs (>42km) ou ultras (>24h), avec un volume de descente important, l'utilisation des bâtons est recommandée afin de limiter l'intensité, en faisant baisser le RPE ainsi que la FC. Cette recommandation s'applique particulièrement aux pratiquants utilisant les bâtons de manière très régulière (dans la pratique du trail-running et/ou de sports croisés). Le facteur le plus limitant reste la technique de bâtons en descente qui doit être développée pour permettre au pratiquant de se sentir à l'aise et d'optimiser son temps de descente.



Ce sujet reste néanmoins peu étudié. D'autres tests avec des descentes plus longues en sous maximales, des capteurs de puissance, ou des tests de force avant-après seraient intéressants afin de mieux comprendre les bénéfices ou désavantages qu'induit une telle utilisation.

6. Bibliographie

Borg, G. A. (1982), “Psychophysical bases of perceived exertion”, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.14, pp.377-81. PMID: 7154893.

Tvzник A. and Kutek M. (2014), “Running With Poles to Increase Training Efficiency and Reduce Injuries”, *New Studies in Athletics*”, Vol.55 No.2, pp. 55-68

Bassett, D. R. JR. and Howley, E. T. (2000), “Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance”, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.32 No.1, pp.70. DOI: 10.1097/00005768-200001000-00012

Hill, A. V. and Lupton, H. (1923), “Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen”, *QJM: An International Journal of Medicine*, Vol.16 No.62, pp.135–171. <https://doi.org/10.1093/qjmed/os-16.62.135>

Hill, A. V., Long C. N. H. and Lupton, H. (1924), “Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilization of Oxygen.— Parts VII-VIII”, *Proceedings of the Royal Society of London Series B*, Vol.97, pp.155–176. <http://doi.org/10.1098/rspb.1924.0048>

Millet, G., Hoffman, M. and Morin, J.-B. (2012), “Sacrificing economy to improve running performance - A reality in the ultramarathon?”, *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, Vol.113, pp.507-9. DOI : 10.1152/jappphysiol.00016.2012

Bontemps, B., Vercruyssen, F., Gruet, M. and Louis, J. (2020), “Downhill Running: What Are The Effects and How Can We Adapt? A Narrative Review”, *Sports Medicine*, Vol.50 No.12, pp.2083-2110. doi: 10.1007/s40279-020-01355-z

Daviaux, Y., Hintzy, F., Samozino, P. and Horvais, N. (2012), “Effect of using poles on foot–ground kinetics during stance phase in trail running”, *European Journal of Sport Science*, Vol.13 No.5, pp.468-474. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.740505>

Giovanelli, N., Sulli, M., Kram, R. and Lazzer, S. (2019), “Do poles save energy during steep uphill walking ?”, *European Journal of Applied Physiology*, Vol.119, pp.1557–63. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04145-2>

Saller, M., Nagengast, N., Frisch, M. and Fuss, F. K. (2023), “A Review of Biomechanical and Physiological Effects of Using Poles in Sports”, *Bioengineering*, Vol.10 No.4, pp.497. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10040497>

Giovanelli, N., Pellegrini, B., Bortolan, L., Mari, L., Schena, F. and Lazzer, S. (2023), “Do poles really “save the legs” during uphill pole walking at different intensities ?”, *European Journal of Applied Physiology*, Vol.123, pp.2803–12. <https://doi.org/10.1007/s00421-023-05254-9>

Ehrström, S., Tartagura, M. P., Easthope, C. S., Brisswalter J., Morin, J.-B. and Vercruyssen, F. (2018), “Short Trail Running Race: Beyond the Classic Model for Endurance Running Performance.”, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol.50, pp.580-588. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001467

Howatson, G., Hough, P., Pattison, J., Hill, J.A., Blagrove, R., Glaister, M. and Thompson K.G. (2011), “Trekking poles reduce exercise-induced muscle injury during mountain walking.”, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.43, pp.140-145. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181e4b649

Lemire, M., Hureau, T. J., Favret, F., Geny B., Kouassy, B. Y.L., Boukhari, M., Lonsdorfer, E., Remetter, R. and Dufour, S. P. (2021), “Physiological factors determining downhill vs uphill running endurance performance”, *Journal of Science and Medicine in Sport*, Vol.24, pp.85-91. DOI: 10.1016/j.jsams.2020.06.004

7. Webographie

International Trail Running Association (2013, July). “Trail Racing: An off-road experience.”, available at : <https://itra.run/About/DiscoverTrailRunning>