

# POTENTIALITES LIGNEUSES D'UN PEUPEMENT A GENEVRIER THURIFERE (*JUNIPERUS THURIFERA* L.) DU HAUT ATLAS DE MARRAKECH (MAROC)

**Badri, W.<sup>1</sup> ; Gauquelin T.<sup>2</sup> ; Bertaudiere V.<sup>3</sup> & Montes N.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>. Laboratoire d'Environnement et d'Ecologie Végétale (LEE), F.S. Ben M'sik, Casablanca.

<sup>2</sup>. Laboratoire LADYBIO UPS/CNRS Université Paul Sabatier, BP 24349 29, rue Jeanne Marvig, 31055 Toulouse Cedex 4, France.

<sup>3</sup>. Laboratoire Population-Environnement-Développement UMR 151 IRD/UP Université de Provence, Centre Saint-Charles case 10.

3 place Victor Hugo 13331 Marseille cedex 03, France.

<sup>4</sup>. Laboratoire de Biosystématique et d'Ecologie méditerranéenne. Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie Université Aix-Marseille III. Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, case 421 bis 13397 Marseille cedex 20, France.

**Résumé :** La surexploitation et la faible régénération naturelle des thuriféraires marocaines sont les principales raisons d'une régression continue de leurs superficies (estimée actuellement à 90% de sa surface climacique). Une étude a été menée, afin d'évaluer la réserve ligneuse actuelle et de préciser le cycle de matière organique, dans un peuplement à Genévrier thurifère du haut Atlas de Marrakech précisément du massif de l'Oukaïmeden. Ainsi plusieurs paramètres ont été évalués dont principalement la phytomasse aérienne des différentes parties des arbres ainsi que leur productivité primaire annuelle (3,1% de la phytomasse aérienne totale) et le retour au sol sous forme de litière (2,1%) soit un accroissement annuel net de l'ordre de 1%.

**Mots-clés :** *Juniperus thurifera* L., Phytomasse aérienne, Productivité, Accroissement annuel, Litières, Cycle de la matière organique.

## WOODY POTENTIALITIES OF A STAND WITH THURIFEROUS JUNIPER (*JUNIPERUS THURIFERA* L.) OF THE HIGH ATLAS OF MARRAKECH (MOROCCO)

**Abstract:** The overexploitation and the weak natural regeneration of the Moroccan thuriferous juniper woodlands are the principal reasons of a continuous regression their surfaces (currently estimated at 90% of its climacic surface). A study was undertaken, in order to evaluate the current woody reserve and to specify the organic matter cycle, in a stand with thuriferous juniper of the high Atlas of Marrakech precisely of Oukaïmeden Mountain. Thus several parameters were evaluated of which mainly above-ground biomass of a different parts of the trees as their annual primary productivity (3,1% of total above-ground biomass) and the return on the ground in the form of litter (2,1%) that is to say an annual increase Net of about 1%.

**Keywords:** *Juniperus thurifera* L., Above-ground biomass, Productivity, Annual increase, Litter, Organic matter cycle

## PONTECIDALIDADES LEÑOSAS DE UN SABINAR (*JUNIPERUS THURIFERA* L.) DEL ALTO ATLAS DE MARRAKECH (MARRUECOS)

**Resumen:** La sobreexplotación unida a la escasa regeneración natural de los poblados de sabinas marroquíes son las principales razones de una regresión continuada de su superficie (estimada actualmente en un 90% de su superficie climácica). Se ha realizado un estudio con el fin de evaluar la reserva leñosa actual y precisar el ciclo de materia orgánica en un poblado de sabina albar del alto Atlas de Marrakech, específicamente, del macizo de Oukaïmeden. De esta manera, varios han sido los parámetros que se han evaluado: la fitomasa aérea de las diferentes partes del árbol, la productividad primaria anual (3,1% de la fitomasa aérea total) y una vuelta al suelo en forma de hojarasca (2,1%), es decir, un crecimiento anual neto del orden del 1%.

**Palabras clave:** *Juniperus thurifera* L., Fitomasa aérea, Productividad, Crecimiento anual, Hojarasca, Ciclo de la materia orgánica.

## INTRODUCTION

Par son emplacement en haute montagne (1700-3000m) et du fait qu'il constitue souvent la limite supérieure forestière, *Juniperus thurifera* (espèce résineuse de la famille des cupressacées) joue un rôle socio-économique très important, puisqu'il représente pour la population montagnarde l'une des rares sources de bois pour le chauffage, la cuisine, la construction des maisons, et un apport fourrager pour le bétail, ainsi que son rôle dans la protection des versants. Cette surexploitation est responsable de la régression au Maroc de cette espèce (baisse de plus de 90% par rapport à sa surface climacique selon Barbero et al. 1990) dont la croissance est extrêmement lente.

Dans ce cadre, les auteurs se proposent d'étudier le cycle de la matière organique dans une thuriféraie du Haut Atlas de Marrakech, précisément sur le massif de l'Oukaïmeden (fig.1). La thuriféraie étudiée, qui porte le nom de « forêt des Fiancées », occupe les versants nord, nord-ouest, ouest et Sud-ouest du Jbel Tizrag et du Jbel de l'Oukaïmeden, 3200m, (Massif de l'Oukaïmeden, Haut Atlas de Marrakech), entre 2200 et 2600m d'altitude. Elle se trouve à 75km (à 50km à vol d'oiseau) au sud de Marrakech et à 600m, à vol d'oiseau, au nord de la station de ski de l'Oukaïmeden (coordonnées : 31°13'N, 7°53' W) . Elle couvre une surface de 510ha sur la carte sans tenir compte des corrections dues aux pentes. La pente est variable ; elle oscille entre 2 degrés (très rarement) et 50°, mais la quasi-totalité de la thuriféraie occupe des pentes de 30 à 40°. Le bioclimat qui règne sur cette région est du type subhumide à hiver froid à très froid avec une pluviosité moyenne annuelle de l'ordre de 525 mm et une moyenne des minima de -3°C (Badri et al., 1994). La roche mère est principalement constituée par des grès rouge permotriasique. Cette formation est relativement bienvenante malgré la dégradation qu'elle subit. Elle présente de jeunes individus (surtout dans la partie basse du peuplement), ce qui s'observe rarement dans d'autres thuriférais (excepté au moyen Atlas). De plus elle se singularise par l'apparition régulière de nombreuses germinations de ce taxon.

A l'intérieur de ce peuplement une parcelle de 1000 m<sup>2</sup> a été mise en défens, ce qui a permis, dans ce milieu très anthropisé, d'initier des études globales sur le fonctionnement de cet écosystème et particulièrement l'étude du cycle de la matière organique.

## MATERIELS ET METHODES

Une telle étude nécessite le développement de trois volets : i) Le volet phytomasse qui correspond au stock de la matière organique et donc le stock de réserve de carbone que représente ce peuplement ii) Les chutes de litière des arbres qui représentent la voie la plus importante de restitution de matière organique au sol dans un tel milieu iii) La productivité primaire qui correspond à la différence entre la productivité brute annuelle des arbres et leur transpiration.

Afin de mener à bien cette étude nous avons effectué un échantillonnage stratifié du peuplement. Ainsi huit placettes rectangulaires de 3500 m<sup>2</sup> chacune, ont été choisies dans les trois zones de densité différente de la thuriféraie. Ce qui correspond à des altitudes variables dans le peuplement (de 2150 à 2550 m d'altitudes). Le choix de la surface et du nombre de placettes est en relation avec l'hétérogénéité de la structure des milieux méditerranéen (Barbero 1987).

Pour évaluer la phytomasse, nous avons utilisé la méthode allométrique. C'est une méthode qui consiste à établir des modèles mathématiques reliant la biomasse à des paramètres dendrométriques (hauteur des arbres, circonférence des troncs, surface de la projection du houppier, nombre de tiges...) ceci à partir d'un échantillon d'arbres représentatif du peuplement (Rondeux, 1993).

Ainsi dix arbres ont été sacrifiés puis débités et subdivisés en troncs, branches et ramilles. Des échantillons de chaque fraction sont rapportés au laboratoire pour la détermination du poids sec (séchage à 100°C jusqu'à poids constant).

La productivité annuelle d'un peuplement est égale à la somme entre l'accroissement annuel (incrément) et la production d'organes caducs soit pour le Thurifère les chutes de litière (Lémée, 1978). L'accroissement annuel a été évalué par une étude dendrométrique directe qui a permis d'estimer l'âge des arbres sacrifiés à partir des cernes des troncs (Bertaudière, 1999 ; Bertaudière *et al.*, 2001). L'accroissement annuel des arbres est alors, égal à la phytomasse divisé par l'âge.

Les apports moyens mensuels de litière ont été évalués dans la parcelle mise en défens durant 24 mois. Sous les arbres ont été mis en place 6 pièges circulaires d'une surface unitaire de 0,5 m<sup>2</sup>. La surface totale de collecte est ainsi de 3 m<sup>2</sup>. La litière est recueillie 1 à 2 fois par mois et divisée en trois lots : i) Jeunes rameaux de faibles diamètres, recouverts de feuilles squamifères étroitement imbriquées, ii) Les organes reproducteurs, iii) une fraction « divers », regroupant des rameaux de plus fort diamètre, des fragments d'écorces....

## RESULTATS ET DISCUSSION

Pour l'évaluation de la phytomasse, le modèle de régression qui s'applique le mieux à notre peuplement est le modèle non linéaire dit « puissance » (fig.2) :

$$\text{Phytomasse (kg)} = 15.568 (\text{H.Ph})^{0.811} \quad r^2 = 0.98$$

Avec H.Ph : Hauteur x Projection du Houppier (m<sup>3</sup>).

En appliquant cette équation sur le peuplement, la phytomasse de la thuriféraire de l'Oukaïmeden s'élève à 250,7t. de matière sèche par ha, cela correspond à 119,1t.ha<sup>-1</sup> de carbone organique, en utilisant le facteur de conversion de l'ordre de 2.1 (le carbone organique correspond à 47,5% de la matière organique sèche totale pour le Thurifère, Montes 2002). La phytomasse individuelle moyenne des arbres de cette station est de l'ordre de 1247kg ce qui représente une phytomasse de 48kg par m<sup>2</sup> de couvert par le Thurifère. Ces valeurs sont considérées parmi les plus élevées pour des formations ouvertes de haute montagne. Il semble donc que le Thurifère s'est adapté à ces milieux hostiles où la pression anthropique est très intense par le développement de caractères particuliers dont le plus important est la structure multicaule (arbres à plusieurs troncs). Ainsi une étude comparative des arbres de plus de 2m de hauteur montre que la phytomasse moyenne des arbres à tige unique qui est de l'ordre de 920kg est largement inférieure à celle des arbres à troncs multiples qui est de 1281.9kg (la différence est significative au seuil 0.01). Ces conclusions sont confirmées par une étude sur les accroissements radiaux des différents tiges des arbres à tronc unique et des arbres multicaules (Bertaudière *et al.*, 2001).

La production moyenne annuelle de litière s'élève à 1106g.m<sup>-2</sup> de couvert (soit environ 11t.ha<sup>-1</sup> de couvert) ce qui représente 2,1% de la phytomasse aérienne totale. Cette production est irrégulière en relation avec la durée de la saison sèche et aussi liée aux accidents climatiques locaux (orages, tempête...). Cette valeur élevée ramenée à l'ensemble de la surface au sol équivaut à 5.3t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, la projection au sol des couronnes dans la parcelle représentant 48% de la surface totale. Bray & Gorham (1964) indique une production de litières équivalente (6t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) pour des latitudes proche de l'Oukaïmeden (31°N).

La fraction représentée par des feuilles appliquées sur les jeunes rameaux constitue 55,8% de la litière totale soit 618g.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> alors que les organes reproducteurs (galbules et cônes mâles) ne représentent que 25,7% de la litière totale (soit 284g.m<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>).

Par ailleurs, à partir des données du tableau 1 nous avons établi une régression pour estimer la productivité primaire annuelle :

$$\text{Productivité primaire d'un arbre (kg.an}^{-1}\text{)} = 1.8995 (\text{H.Ph})^{0.5708} \quad r^2 = 0.99$$

Avec H.Ph : Hauteur x Projection du Houppier (m<sup>3</sup>).

La productivité primaire annuelle est alors estimée à 7,9t.ha<sup>-1</sup> ce qui représente 3,1% de la phytomasse aérienne totale. La phytomasse perd 5,3t de matière organique annuellement sous forme de litière. Donc le bilan de l'accroissement annuel est de 2,6t/ha (productivité nette) soit 1% de la phytomasse aérienne totale. Rapporté à l'échelle de l'individu, cela équivaut à une augmentation de la phytomasse de l'arbre moyen d'environ 12,9 kg/an. Cette productivité est plus faible qu'en réalité car elle ne tient pas compte des prélèvements directs de bois (ou dégradation) dont cet arbre fait l'objet depuis des années. L'importance de cette productivité est à relier, en partie, à la structure multicaule particulières de ces genévriers en sachant que la thuriféraie de l'Oukaïmeden est constituée par plus de 75% d'arbres avec au moins deux tiges.

Cependant, c'est une valeur plus élevée que celle évaluée dans d'autres thuriférais ce qui confirme un développement meilleur de cet arbre dans le massif de l'Oukaïmeden (Bertaudière, 1999 ; Montes, 1999). Par ailleurs, bien que la productivité semble importante la croissance en hauteur de l'arbre est très lente, ainsi un arbre de 25 ans atteint difficilement une hauteur d'1,5m (Badri, 2003). Des observations similaires ont déjà été signalé par d'autres auteurs (Emberger, 1938 ; Boudy, 1958 ; Gauquelin *et al.*, 1999).

Ainsi donc nous avons pu résumer le cycle de la matière organique du Genévrier thurifère dans le massif de l'Oukaïmeden dans la figure 3. Cette illustration montre que cet arbre représente une réserve de carbone organique très importante dans ces milieux appauvris (soit 119.13t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>). Cependant, c'est une espèce dont la croissance est très lente avec seulement un accroissement annuel de 1%. Par contre, l'écosystème est très productif puisque 2.1% (2.52 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) de la phytomasse revient au sol sous forme de litière ce qui enrichit le stock carboné du sol.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BADRI, W. ; 2003. Effet de la mise en défens sur l'évolution spatiale et temporelle du couvert herbacé dans une formation à genévrier thurifère du Haut Atlas de Marrakech. *Thèse d'Etat Es-Sciences, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia – Marrakech* : 273p + annexes.

BADRI, W. ; GAUQUELIN, T.; MINET, J. & SAVOIE, J.M. ; 1994. Données météorologiques nouvelles sur le massif de l'Oukaïmeden (2570 m, Haut Atlas de Marrakech, Maroc): un exemple de climat de haute montagne méditerranéenne. *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 7 : 190-198.

BARBERO, M. ; 1987. Caractérisation de quelques structures et architectures forestières à sclérophylles de l'étage méditerranéen. *Revue Forestière*.

BARBERO, M. ; BONIN, G. ; LOISEL, R. & QUEZEL, P. ; 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the western part of the mediterranean basin. *Vegetatio*, 87: 151-173.

BERTAUDIÈRE, V. ; MONTES, N. ; BADRI, W. & GAUQUELIN, T. ; 2001. La structure multicaule du genévrier thurifère : Avantage adaptatif à un environnement sévère ?. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences Paris, Sciences de la vie* (324) : 627-634.

- BERTAUDIÈRE, V. ; 1999. Dendroécologie du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) dans la haute montagne méditerranéenne (Haut Atlas, Maroc) et dans une station xérothermique des Pyrénées centrales (France). *Thèse, Univ. Paul Sabatier, Toulouse*. 234 p.
- BOUDY, P. ; 1958. Economie forestière nord-africaine : I, II, III. *Ed. Larose, Paris*. 686, 878 et 363 p.
- BRAY, J.R. & GORHAM, E. ; 1964. Litter production in forests of the world. *Adv. Ecol. Res.* (2) : 101-157.
- EMBERGER, L. ; 1938. Les arbres du Maroc et comment les reconnaître. *Ed. Larose, Paris*: 318 p.
- GAUQUELIN, T. ; BERTAUDIÈRE, V. ; MONTES, N. ; BADRI, W. & ASMODOE, J.F. ; 1999. Endangered stands of thuriferous juniper in the Western mediterranean basin : Ecological status, conservation and management. *Biodiversity and conservation*, 8 : 1479-1498.
- LEMEE, G. ; 1978. La Hêtraie naturelle de Fontainebleau. *In Problèmes d'écosystèmes terrestres. Lamotte & Bourlière*, éd. Masson : 75-128.
- MONTES, N. ; 1999. Potentialités, dynamique et gestion d'une formation arborée à Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) des Atlas marocains : le cas de la vallée de l'Azzaden. *Thèse, Univ. Paul Sabatier, Toulouse*. 203 p.
- RONDEUX, J. ; 1993. La mesure des arbres et des peuplements forestiers. *Ed. Les presses agronomiques de Gembloux*, 520p.

## TABLEAU ET FIGURES

**Tableau n°1** : Productivité annuelle primaire et nette de 6 des 10 arbres abattus.

| <i>Arbre</i> | <i>H (m)</i> | <i>Nb tiges/ arbre</i> | <i>Nb tige étudiée</i> | <i>Age tige</i> | <i>Acc. rad. moy. arb (mm)</i> | <i>Cv (%)</i> | <i>Phyto (kg)</i> | <i>Product nette moy (kg/an)</i> | <i>Litière (kg/an)</i> | <i>Product. primaire kg/an (%)</i> |
|--------------|--------------|------------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|---------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| 1            | 2.1          | 2                      | 2                      | 44              | 1.74                           | 26            | 102.4             | 2.32                             | 5.20                   | 7.52 (7.3)                         |
| 2            | 3.2          | 1                      | 1                      | 57              | 2.5                            | -             | 153.6             | 2.69                             | 7.85                   | 10.54 (6.9)                        |
| 3            | 4.5          | 1                      | 1                      | 80              | 2.56                           | -             | 493.9             | 6.17                             | 8.85                   | 15.02 (3.0)                        |
| 4            | 6.5          | 6                      | 6                      | 93              | 1.26                           | 18.8          | 552.2             | 5.94                             | 18.80                  | 24.74 (4.5)                        |
| 5            | 7.4          | 6                      | 6                      | 77              | 1.38                           | 33.3          | 945.0             | 12.27                            | 26.21                  | 38.48 (4.1)                        |
| 6            | 10           | 9                      | 1                      | 204             | 1.35                           | -             | 2674.<br>0        | 13.11                            | 55.30                  | 68.41 (2.5)                        |

*H* : hauteur ; *Cv* : coefficient de variabilité ; *Phyto* : phytomasse

Figure n°1 : Carte de la répartition du Genévrier thurifère dans le monde

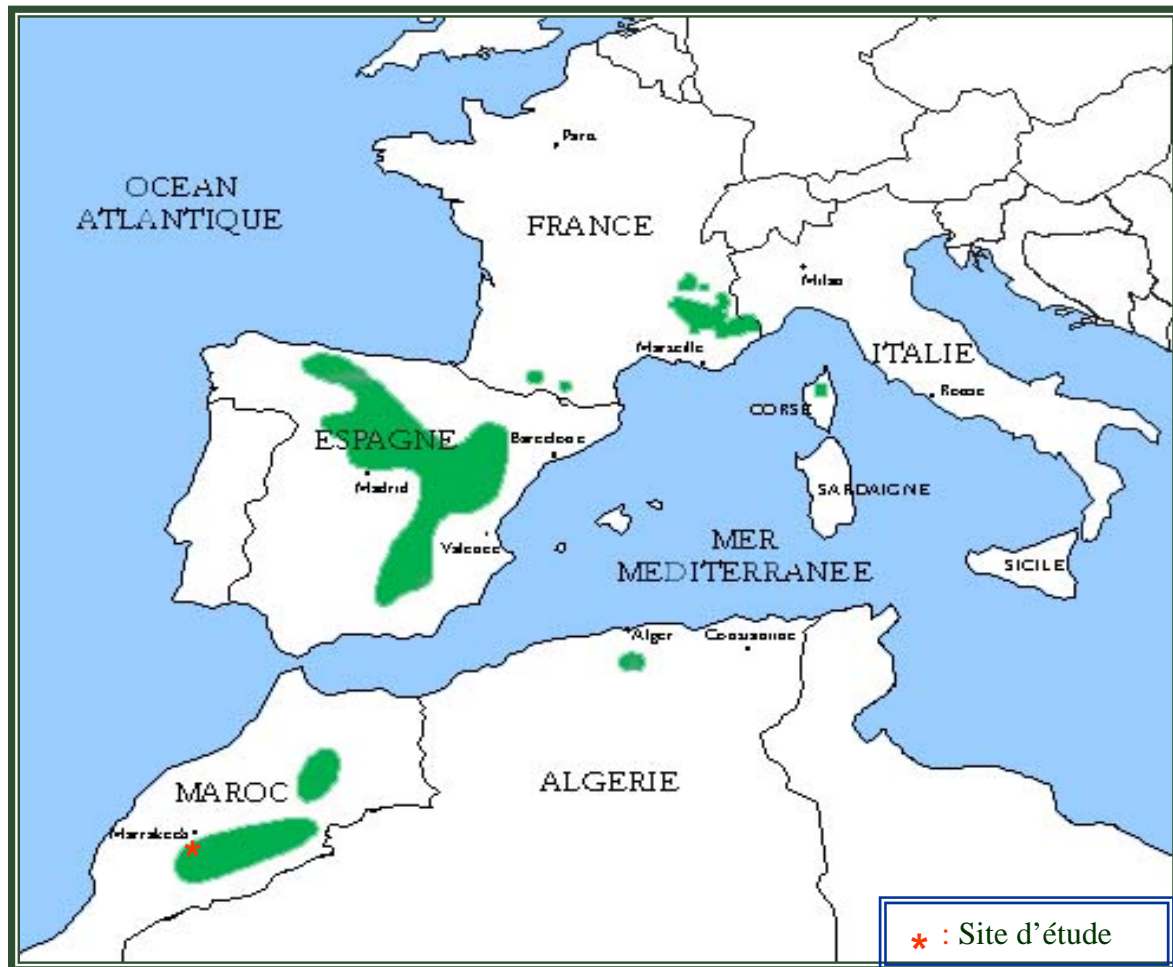
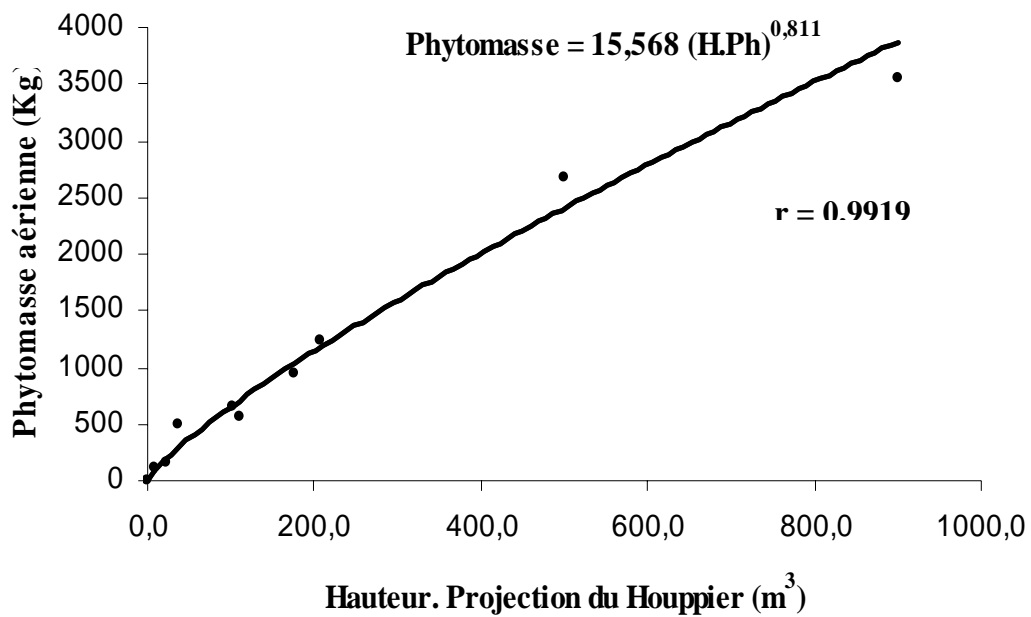


Figure n°2 : Carte de la répartition du Genévrier thurifère dans le monde



**Figure n°3 :** Représentation synthétique et quantitative des différents compartiments et flux de la matière organique dans la thuriferaie de l'Oukaïmeden. Les compartiments : bois du tronc (T), bois des branches (B), ramilles (R) sont exprimés en tonnes par hectare. Les flux (matérialisés par des flèches) : litière ramilles (Lr), autre litière (La), litière totale (L), productivité primaire annuelle (Pp) et productivité nette annuelle (Pn), sont exprimés par tonnes par hectare par an.

