



Le versant sud du jbel Bou-Nacer, un refuge insolite réunissant *Juniperus communis* L. et *Artemisia flahaultii* Emb. & Maire d'une haute signification biogéographique et écologique au Maroc

Mustapha RHANEM

Unité de botanique et écologie montagnarde,
Faculté des sciences, Département de biologie
BP 11201
ZITOUNE, MEKNES
MAROC
mrhanem@gmail.com

Résumé : Le Bou-Nacer, point culminant de la chaîne du Moyen Atlas, est à la fois un haut massif montagneux et un carrefour biogéographique. C'est aussi un territoire-refuge où se trouvent complètement isolées actuellement des espèces rares à très rares ou même relictuelles à aire restreinte ou en limite d'aire de distribution, ce phénomène ayant pour corollaire une spécialisation écologique étroite. Ce sont là des conditions éminemment favorables pour la différenciation génétique et la spéciation. L'apparition d'un endémisme spécifique en est d'ailleurs la confirmation. Le cas le plus éloquent est sans conteste celui d'*Artemisia flahaultii* Emb. & Maire, témoin d'une indiscutable influence de type irano-touranien.

Le genévrier commun (*Juniperus communis* L.) est également un exemple significatif. De souche septentrionale, ce conifère au statut taxinomique encore incertain et peu connu jusqu'ici au Bou-Nacer y présente, dans son type rampant, une importante population résiduelle bien établie. Et, contre toute attente, l'endroit où ce taxon atteint sa plénitude se trouve en plein cœur du versant sud, dans une situation diamétralement opposée à celle qu'on lui connaît sur les trois chaînons du Haut Atlas de Midelt où il colonise des ubacs particulièrement humides.

Cette présence en adret *a priori* paradoxale ne peut être expliquée qu'en fonction des formes de relief qui peuvent s'y différencier. C'est en particulier le cas de celles engendrées par l'Adrar Taouchguelt qui contribuent à modifier avantageusement les conditions climatiques régionales et offrent à ce taxon arctico-alpin un refuge biogéographique inattendu en dehors duquel il est beaucoup moins représenté.

En effet, contrairement à ce que le laisse entrevoir l'emplacement de cette localité sur le revers moulouyen du Bou-Nacer, c'est entre les versants de Taouchguelt exposés au nord et ceux faisant face à l'ouest, marqués par une humidité plus abondante et plus constante, que prolifère, quasi exclusivement sur éboulis de gravité, le genévrier commun. Tandis que ce dernier taxon y présente son développement optimal uniquement à l'étage oroméditerranéen, *A. flahaultii*, lui, se rencontre à toutes les expositions sur beaucoup de points du Bou-Nacer et s'observe aussi bien au montagnard qu'à l'oro-méditerranéen sur divers substrats mobiles. De la sorte, ce rarissime buisson souvent en coussinet parfois rampant est l'espèce la plus répandue dans toute la partie centrale du jbel Bou-Nacer qui correspond à son unique aire de répartition.

Enfin, si le refuge du Bou-Nacer exprime un caractère à la fois médio-européen et oriental qui ne se retrouve nulle part ailleurs, son biotope unique est, lui, assez comparable à ceux des jbel Amkaidou, Tadrart et Maasker dans le Haut Atlas de Midelt. Il confirme pleinement néanmoins la localisation élective du genévrier commun au pourtour des bassins haut et moyen de la Moulouya et sa préférence pour un biotope spécifique.

Mots-clés : *Juniperus communis*, *Artemisia flahaultii*, plante endémique, taxon rare, mosaïque, haute montagne refuge, Bou-Nacer, Moyen Atlas, Maroc

Abstract : The Bou-Nacer, the highest point of the Middle Atlas range, is both a high mountain massif and a biogeographical junction. It is also a refuge territory where rare to very rare or even relictual species with restricted area or in the limit of distributional area are currently completely isolated, this phenomenon having as corollary a narrow ecological specialization. These are highly favourable conditions for genetic differentiation and speciation. The emergence of a specific endemism confirms it. The most eloquent case is undoubtedly that of *Artemisia flahaultii* Emb. & Maire, witness of an indisputable influence of the Iranian-Touranian type.

The common juniper (*Juniperus communis* L.) is also a significant example. From the northern stock, this conifer with taxonomic status still uncertain and little known so far in Bou-Nacer, presents there, in its creeping type, a large well-established residual population. In addition, contrary to all expectations, the place where this taxon reaches its fullness is located in the heart of the sunny southern slope, in a situation diametrically opposite to that known about it on the three links of the High Atlas of Midelt where it colonizes north-facing slopes particularly humid.

This *a priori* paradoxical presence is explained by local factors closely linked to the large articulations of the Adrar Taouchguelt relief, which contribute to a favourable change in regional climatic conditions and offer an unexpected biogeographical refuge to the arctico-alpine taxon of which it is much less represented.

Indeed, contrary to what indicates the location of this locality on the Moulouyan side of the Bou-Nacer indicates, it is between the slopes of Taouchguelt exposed to the north and those facing west, marked by humidity more abundant and more constant, which proliferate, almost exclusively on gravel scree, the common juniper. While this latter taxon exhibits its optimum development only on the oromediterranean level, *A. flahaultii* is found at all exposures on many points of the Bou-Nacer and can be observed both in the montane level and oro-mediterranean on various mobile substrates. In this way, this rare bush, often in clumps, sometimes creeping, is the most widespread species throughout the central part of the Jbel Bou-Nacer that corresponds to its unique range.

Finally, although the Bou-Nacer refuge expresses a Mid-European and Eastern character that is not found anywhere else, its unique biotope is quite comparable to those of Amkaidou, Tadrart and Maasker in the High Atlas of Midelt. It nevertheless fully confirms the elective location of the common juniper around the upper and middle basins of the Moulouya and its preference for a specific biotope.

Keywords : *Juniperus communis*, *Artemisia flahaultii*, endemic plant, rare species, mosaic, high mountain refuge, Bou-Nacer, Middle Atlas, Morocco

I- Introduction

Le massif du Bou-Nacer, qui culmine à 3 326 m (Photo 1), constitue la montagne la plus élevée de toute la chaîne du Moyen Atlas dont la bordure sud-est, où s'élèvent d'autres sommets parmi les plus hauts de la chaîne, est quasiment bâtie de la même manière que l'imposante muraille périphérique du Haut Atlas de Midelt. En plan, ce système atlasique présente un découpage morphologique guidé essentiellement par la géométrie en rides et sillons d'âge jurassique constitué de calcaires compacts en gros bancs et durs, parfois dolomitiques, ceinturant de part et d'autre les bassins mio-pliocènes supérieurs de la haute et moyenne Moulouya. Ils sont séparés par les marno-calcaires schisteux qui les accompagnent assez fréquemment au niveau de ces parties des chaînes en contrebas (Michard et al., 2008).

Le Bou-Nacer appartient à une zone externe formée par une succession puissante et massive de grands anticlinaux en guirlande de direction SO-NE. Se développant dans la zone axiale où se sont superposés au maximum les mouvements tectoniques (Delcaillau et al., 2007 ; Charrière et al., 2011), il n'est pas étonnant qu'ils correspondent à un anticlinal étroit dont la dureté des roches calcaréo-dolomitiques renforce encore davantage la multiplication des pentes fortes et raides que souligne l'importance des escarpements de fort commandement et de grandes variations altitudinales sur de faibles distances.

Ces forts dénivelés favorisent d'importants phénomènes d'érosion et d'accumulation d'éboulis fins provenant de la désagrégation des marno-calcaires ou d'éboulis grossiers plus mouvants issus du démantèlement cryoclastique de calcaires plus durs. Concernant les affleurements de rochers, le degré de fragmentation et de fissuration des affleurements de roches mères (joints de stratifications, joints de schistosité dans le cas des calcaires en plaquette, fractures tectoniques, diaclases...), la conformité ou non du pendage des strates avec la topographie déterminent le fonctionnement et l'évolution de ces substrats. Le type de substrat classé, en banc calcaire compact, banc diaclaté et banc concassé, contribue à modifier les conditions locales du climat dans le sens d'une plus ou moins grande aridité.

C'est aussi une haute montagne dans une région aride qui est, toutefois, caractérisée par une sécheresse encore plus marquée que celle où surgit le triplet haut-atlasique Amkaidou-Tadrart-Maasker (Fig. 1). Cependant, la position de la haute barre des montagnes du Bou-Nacer en latitude moins basse et, de surcroît, immédiatement derrière celle du Bou-Iblane l'amène à former un second front de condensation de l'humidité atmosphérique (Fig. 1), ce qui en fait aussi un important pôle d'enneigement qui, au sud, contraste avec l'aridité très marquée de la plaine de la moyenne Moulouya en contrebas. Cette neige couvre le sol pendant une durée qui croît avec l'altitude ; c'est surtout la diminution de la température qui en est responsable. Ce facteur écologique détermine aussi une succession verticale de climats locaux qui, sur le versant sud du Bou-Nacer, s'étage des conditions les plus sèches et les plus chaudes jusqu'à celles d'un climat très froid analogue à l'arctique. Les effets biogéographiques se matérialisent par un



Photo 1. Ligne de faite principale du Bou-Nacer en plateau légèrement incliné dépassant 3 000 m d'altitude sur plus d'une vingtaine de kilomètres depuis les escarpements qui dominent le village des Oulad-Ali jusqu'au nord de Tirnest. Seuls quelques cols viennent rompre cette barrière calcaréo-dolomitique quasi continue comme c'est le cas ici du Tizi n'Tizdi. De part et d'autre de l'éperon, la corniche sommitale du grand versant sud, dont la pente augmente vers le haut, représente un milieu spécial de la haute altitude écologiquement très contraignant (le passage au substrat de roches dures, ponctué par une brusque accentuation de la pente, en marque la limite inférieure) ; il détermine une sélection encore plus rigoureuse des espèces. Parmi les espèces les plus marquantes, il en est deux ligneux prostrés, les plus nettement adaptés sont *Juniperus communis* et *Artemisia flahaultii* qui émaillent çà et là, en compagnie d'autres espèces buissonnantes, le revers sud de cette barre rocheuse. Au premier plan, l'on peut seulement observer, par ordre de dominance décroissant, des pieds d'*A. flahaultii*, d'*Alyssum spinosum* et de *Bupleurum spinosum* (vue prise en direction de l'est à l'altitude 3 000 m)–3 août 2016, © M. RHANEM



Photo 2. Pied isolé d'*Artemisia flahaultii* bien mieux développé en hauteur vers 2 800 m d'altitude sur éboulis anguleux. En arrière plan, les versants à corniches de Taouchguelt Kbir se raccordent à la plaine d'Atchana par un piémont constitué par plusieurs niveaux de glacis et de glacis-cônes plus ou moins encroûtés qui portent de grandes étendues de *Rosmarinus officinalis* L. et *Stipa tenacissima* L., espèces plus communes à caractère également sclérophylle de la flore autochtone méditerranéenne qui domine partout ailleurs. Notons aussi qu'au pied de la plus grande niche l'éboulis n'est que très faiblement recouvert par la végétation. Seuls les lichens recouvrent les blocs. La gélifraction a donc été de toute vraisemblance fonctionnelle plus tardivement sur cette partie du haut versant nord-ouest du grand cirque de l'Adrar Taouchguelt, et peut-être l'est-elle encore lors d'années exceptionnelles, © M. RHANEM

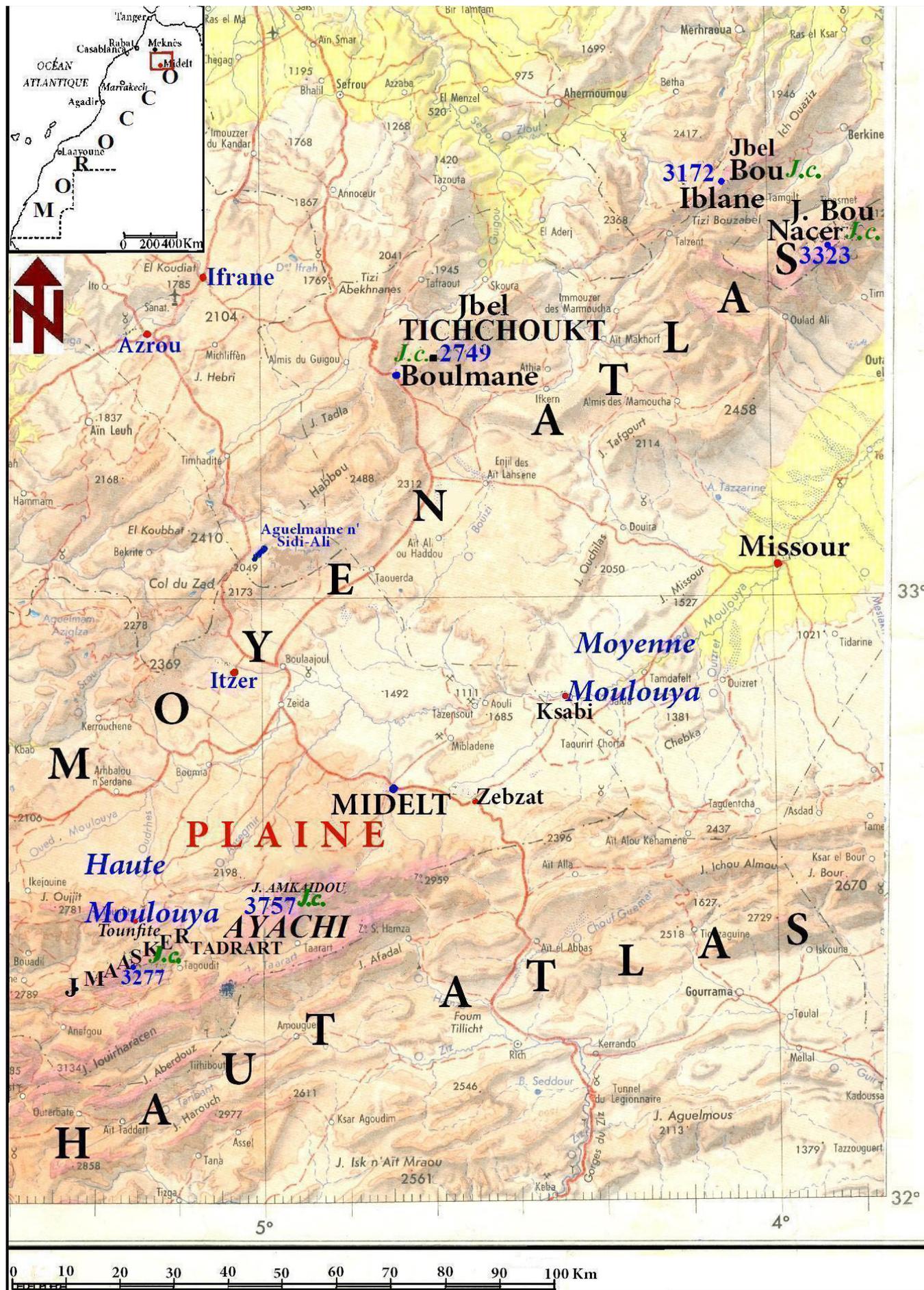


Figure 1. Encadrement montagneux des bassins haut et moyen de la Moulouya avec la chorologie de *Juniperus communis* (J.c.). Ce taxon y présente deux aires bien distinctes : au nord de la Moulouya (adret de Bou-Nacer dans le Moyen Atlas oriental) et au sud de la Moulouya (d'est en ouest, les ubacs d'Amkaidou, de Tadrart et de Maasker dans le Haut Atlas). Mais, entre les stations orientales les plus à l'ouest au Bou-Nacer et les stations occidentales les plus à l'est d'Amkaidou, s'intercale la micropopulation du Tichchoukt.



Photo 3. *A. flahaultii* en taches à peine hautes de 20 à 30 cm couvrant des éboulis au pied de l'escarpement rocheux en dents de scie de l'Adrar Taouchguelt. En marqueterie, apparaissent également sur les pentes raides tournées au NO des plages de genévrier et des coussinets d'*Alyssum spinosum* L. et de *Bupleurum spinosum* L. Par contre, l'immense paroi, très abrupte, présente par ailleurs des conditions écologiques identiques d'un bout à l'autre du massif : grand ensoleillement, aridité édaphique très accusé, fonte précoce des neiges et grande pauvreté de la flore, par suite des éboulements très nombreux qui se produisent tout au long de cette muraille fortement délitée, © M. RHANEM



Photo 4. Le grand cirque de Taouchguelt acquiert un intérêt botanique tout particulier du fait qu'il réunit deux espèces très rares à aire disjointe et une espèce endémique à aire restreinte. C'est le cas de trois arbustes : *J. communis*, *A. flahaultii* et *Daphne laureola* L. La surface occupée par les représentants de ce dernier taxon à aire septentrionale est toujours très restreinte et plus localisée, comparée à celle des deux autres espèces qui se rencontrent ici plus fréquemment. Au premier plan, une touffe rase de *D. laureola* enchevêtrée dans une plage de genévrier commun, alors que cinq autres, éparses çà et là à l'abri de rochers, sont puissamment ancrées dans des poches terreuses riches en matières organiques (à l'aplomb et à gauche du gros bloc du milieu). Parallèlement à l'extension de *J. communis* et d'*A. flahaultii* sur les pierriers hétérométriques, on constate la régression des autochtones oroméditerranéennes comme *Bupleurum spinosum* et *Alyssum spinosum*. Dans l'angle haut à droite, les pointes sommitales sont à ce niveau profondément découpées par des fissures que bordent des arêtes tranchantes modelées dans des bancs calcaires peu épais à pendage subvertical ; le contraste est saisissant avec le grand banc du rebord, en haut au milieu, © M. RHANEM

échelonnement de types de végétation de plus en plus froids à mesure que l'on s'élève rapidement de la plaine vers la portion haute du versant la plus déclive, le tout condensé en un espace relativement restreint, si bien que c'est, du point de vue écologique, le fait le plus net et le plus important.

Si la distribution de la végétation de montagne en étages superposés est due essentiellement à la diminution de la température avec l'altitude, elle l'est aussi au modelé topographique. Ce dernier exerce une action indirectement par l'intermédiaire de l'effet de compensation de facteurs qui prend une importance considérable dans les cas extrêmes où un facteur est limitant, que ce soit le froid (hautes altitudes) ou la sécheresse (secteurs arides). Il en est ainsi par exemple dans l'étage de haute montagne où, en raison d'une topographie particulièrement contrastée et d'une tectonique tourmentée, l'extrême diversité dans les conditions écologiques et dans la différenciation d'habitats spécialisés est susceptible d'offrir à des plantes de diverses souches d'évidentes possibilités de trouver un biotope favorable d'autant plus décisif que les conditions ambiantes, liées au climat régional ou local, sont plus rudes dans cet étage. Le corollaire de ces contrastes est un grand développement d'une gamme relativement riche et complexe de combinaisons floristiques. C'est aussi pour cela que son tapis végétal est une mosaïque diversifiée.

Tel est en particulier le cas de l'adret du Bou-Nacer dont l'étage de haute montagne abrite quelques mélanges floristiques déconcertants et de nombreuses exceptions avec des espèces végétales rares et/ou endémiques (Photos 2, 3, 4, 5, 6 et 7) dont la structure actuelle, à l'instar des autres plantes de même type de la région méditerranéenne, a été façonnée au fil de l'histoire par le biais de processus macro-écologiques alliant événements paléogéographiques et climatiques (Thompson, 2005).

Nous avons d'ailleurs eu l'occasion de le constater lors de nos récentes études (Rhanem, 2016a et b) puisque nous y avons rapporté la découverte d'une importante population de genévrier commun (*Juniperus communis* L.) sur la retombée moulouyenne de ce haut massif montagneux ; associé à lui, *Artemisia flahaultii* Emb. & Maire, une des espèces les plus rares de la flore du Maroc, en apporte un autre témoignage tout aussi emblématique (Photos 2, 3 et 5). Cette superbe espèce, à répartition plus méridionale et plus circonscrite, est en effet endémique du Bou-Nacer. Tout comme le genévrier, elle est encore insuffisamment connue, de sorte qu'une mise au point tant sur le plan chorologique que du point de vue écologique restait également à faire.

Ce qui frappe au premier abord chez ces deux rarissimes ligneux, en limite d'aire et à aire exiguë respectivement, c'est leur forme buissonnante relativement prostrée et plus ou moins rampante ; les ramifications sont presque toutes à la base, formant des touffes ou des coussins bas, mais compacts et dont les individus constitutifs présentent systématiquement tous une homométrie remarquable en ce qui concerne les hauteurs. En outre, ces deux espèces, dotées d'un système racinaire puissant, sont les mieux adaptées à supporter la mobilité des cônes d'éboulis ou de déjection des ravins collatéraux ; elles parviennent à se développer sur ces

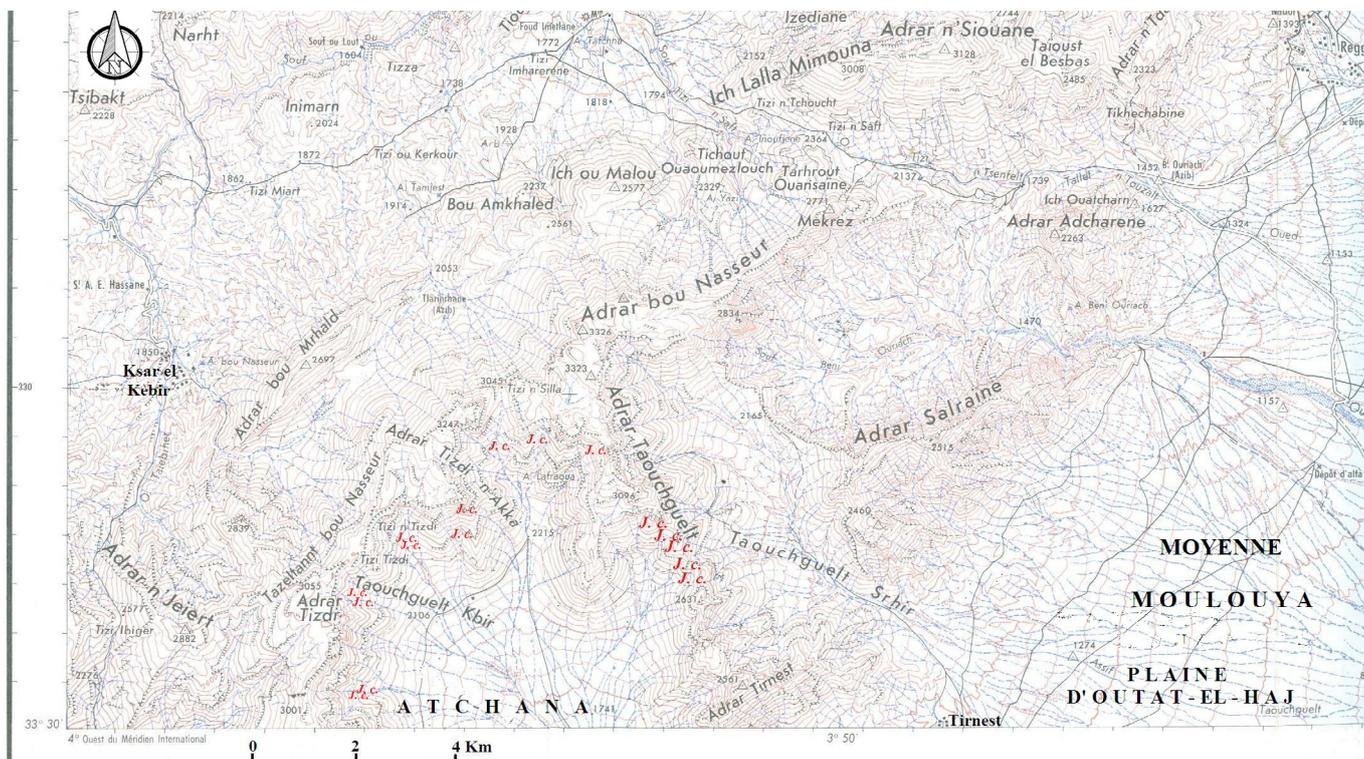


Figure 2. Profil de répartition longitudinale et altitudinal de *Juniperus communis* (**J. c.**) formant une aire sensiblement en fer à cheval ; elle couvre fidèlement l'essentiel des portions supérieures méridionales des plus hauts chaînons du massif du Bou-Nacer entre les crêtes occidentales de l'Adrar Tizizi et les lignes de faites de Taouchguelt vers l'est. Bien que dans ce secteur d'Atchana la sub-égalité d'altitude des crêtes soit frappante, c'est seulement en contrebas de celle de Taouchguelt que le genévrier est, de très loin, le mieux représenté en termes à la fois qualitatif et quantitatif. Là, il apparaît à partir de 2 400 m d'altitude au fond de cirques aux murailles vives et redressées. Ces petits cirques, séparés par des croupes, sont vigoureusement encaissés et suspendus au-dessus de la vallée principale. C'est en particulier le cas du plus méridional d'entre eux qui évoque la forme d'un demi-entonnoir dont le modelé évasé vers le haut, finit en gorge vers l'aval. Par contre, sur les longs versants tendus à forte déclivité de plus d'un kilomètre de dénivelé, c'est seulement à mi-pente, vers 2 600 m, que l'on voit sporadiquement se former les premières plages qui colonisent de grands amas de blocailles. De telles colonies très clairement se développent aussi sur un arc de parois rocheuses d'au moins d'une dizaine de kilomètres formé par l'imposant encadrement de hautes montagnes dépassant partout 3 000 m, lequel est disséqué en « serres » sur tout le pourtour de vallons en V où se confinent d'autres taches bien-venantes de genévrier.

substrats mouvants où, malgré l'épaisseur du matériel, elles atteignent les horizons profonds pourvus de terre fine. C'est là d'ailleurs que ces deux buissons présentent une forte colonisation hautement caractéristique tant en densité qu'en biovolume (Photos 2, 3, 4 et 5).

La mosaïque réalisée, dans leur aire de chevauchement, par la juxtaposition des larges plages de genévrier et des touffes plus ou moins éparées d'armoise revêt donc une signification toute particulière et suffit à elle seule à individualiser ces deux espèces au sein de l'étage oroméditerranéen, au climat pourtant réputé très rude et hostile à la production ligneuse (Photos 4, 6 et 7). Aussi cette mosaïque unique compte-t-elle parmi les meilleurs exemples pour démontrer l'existence réelle de groupements végétaux bien individualisés au point de vue floristique, écomorphologique et dynamo-génétique. Ces faits rendent encore mieux compte de l'originalité de cette portion du Bou-Nacer et la séparent nettement des secteurs qui l'entourent.

Ce groupement typique n'occupe cependant guère qu'une petite surface du versant sud du Bou-Nacer de l'ordre d'une centaine d'hectares. C'est d'ailleurs dans de telles situations que se trouvent la plus grande partie des trois autres populations de genévrier dans le Haut Atlas de Midelt. La cartographie au 1/100 000 de leur aire d'extension y a permis de circonscrire la surface couverte à environ 610 ha qui se répartit, d'est en ouest, entre l'Amkaidou (300 ha), le Tadrart



Photo 5. Important amas de blocs descendus du sommet à la faveur d'un cône de déjection torrentielle qui masque le calcaire sous-jacent et coïncide avec une bande étroite, nettement délimitée par *A. flahaultii*. La vue est prise à l'altitude 2 300 m environ au débouché de l'un des cinq cirques en demi-entonnoir de l'Adrar Taouchguelt. En haut et à droite du cliché, corniche taillée dans les calcaires au pied de laquelle une concavité correspondant à la partie évasée d'une niche cryonivale de taille importante joue le rôle d'un réceptacle à neige en hiver ; c'est là justement que prospèrent les coulées de *J. communis* et d'*A. flahaultii*. Le premier taxon, bien qu'il présente au Maroc une aire de distribution relativement vaste, est l'arbuste dont la répartition est la plus nettement liée à l'étage oroméditerranéen. Contrairement à *A. flahaultii*, il ne descend pas dans l'étage montagnard méditerranéen, © M. RHANEM

(160 ha) et le Maasker (150 ha).

La présente note est donc un complément de nos études antérieures sur le genévrier commun (Rhanem, 2013, 2014, 2015, 2016a et b) ; elle se rapporte plus précisément à la partie sud-centrale du massif du Bou-Nacer (Fig. 2), là où se trouvent ses hauts reliefs les plus importants qui encadrent notamment le gigantesque amphithéâtre d'Atchana formant comme un fer cheval ouvert vers le sud. Mais, c'est surtout la configuration particulière nord-sud de l'imposant chaînon de l'Adrar Taouchguelt enserrant cette dépression qui apporte de notables changements morphologiques dans le modelé et qui joue, par conséquent, un rôle de premier plan. En sorte que ce dernier chaînon est impérativement déterminé par une série de niches cryonivales en forme de fauteuil d'autant plus évasées que l'on s'enfonce dans la masse montagneuse en direction du pied de la ligne de crête axiale. Elles sont séparées les unes des autres par des croupes, si bien que l'ensemble du relief de ce secteur se présente comme une vaste unité topographique en demitonnoir des plus singulières, et c'est justement dans ces conditions si spéciales que prospère le genévrier commun (Fig. 2).

Dans ce travail, nous tenterons de décrypter parmi tous les facteurs écologiques ceux que l'on doit considérer pour tenter de comprendre et d'expliquer une telle localisation exceptionnelle du genévrier commun, dans le secteur le plus méridional de la crête principale du Moyen Atlas, aux confins de territoires arides à perarides de la Moulouya dans un contexte bioclimatique *a priori* fort éloigné des exigences spécifiques de ce taxon. En fait, cet article vise à atteindre un double but :

- établir une cartographie la plus précise possible de la répartition du genévrier sur l'adret du Bou-Nacer et d'en montrer les cohérences en recherchant quelle contribution la connaissance des aspects stationnels peut apporter à la position géographique particulière de cette espèce sur ces quatre chaînons ;
- analyser les caractéristiques stationnelles et les éléments floristiques les plus marquants dans le paysage végétal accompagnant la population de genévrier commun tout en essayant de mieux cerner d'une part les relations qu'il entretient avec *A. flahaultii* et, d'autre part, leur distribution réciproque.



Photo 7. Aspect rupicole de la mosaïque de *J. communis* et d'*A. flahaultii* sur une corniche sommitale en gradins d'exposition nord-ouest où les traces de la gélifraction sont nettement visibles : les bancs peu gélifs sont en surplomb au-dessus des bancs gélifs. La corniche évolue en reculant parallèlement à elle-même. On observe là des abris sous roche et des effets d'appel au vide, favorisés par la tectonisation et la karstification des calcaires. On voit ainsi les traces de la chute de grands pans de paroi qui ont donné des talus d'éboulis à gros blocs entassés sous l'effet de la seule gravité (sans intervention du ruissellement). Vue également prise dans le grand cirque de Taouchguelt, Bou-Nacer méridional, vers 2 900 m, © M. RHANEM



Photo 6. Mosaïque relativement lâche entre *J. communis* et *A. flahaultii* sur une forte pente tapissée d'éboulis instables (avoisinant 40°) d'exposition nord. Ce groupement orophile au travers duquel transparaissent des plages de sol nu et des affleurements rocheux forme une enclave édaphique à l'intérieur du climax général oroméditerranéen de la région représentée par les xérophytes épineux en coussinet ; il en est même de l'escarpement calcaire du haut (voir Photo 5). Grand cirque de Taouchguelt, Bou-Nacer méridional, vers 2 600-2 900 m, © M. RHANEM

Notons au passage que le Bou-Iblane et le Bou-Nacer offrent deux fronts successifs aux vents du NO pluvieux. Le premier culminant à 3 172 m, alors que le second atteint 3 326 m. Même si le Bou-Nacer est légèrement en retrait, il accroche autant que le Bou-Iblane les systèmes nuageux venus de l'océan Atlantique. Différentes cluses sont autant de voies de passage pour les vents de pluie atlantiques qui parviennent aux crêtes frontières du Bou-Nacer en remontant les vallées adjacentes.

II- Place du genévrier dans le contexte végétal de la moyenne Moulouya

Sans entrer dans de nombreux détails, nous pouvons mentionner que la végétation présente deux types bien tranchés, la plaine et la montagne, chacune d'elles forme des structures bien individualisées. Cette division s'appuie sur l'altitude qui commande le climat. La distinction est faite avec netteté tant en ce qui concerne la composition floristique, la physionomie que le problème des limites altitudinales et leurs variations.

Le changement est radical dès qu'on atteint le piémont. Si les premiers cônes de déjection sont encore bien fournis en fruticée de romarin, celle-ci s'éclaircit rapidement vers les vallons où prédominent de gros blocs. Elle devient si basse et si rase qu'elle passe brutalement à de grandes touffes d'épine vinette (*Berberis hispanica* Boiss.

& Reut.), dépassant deux mètres. Ailleurs, sur les bas versants, les immenses nappes de romarin disparaissent complètement au profit d'une mince bande discontinue de chênaie à *Quercus ilex* entre 2 000 et 2 300 m essentiellement.

En opposition avec le versant sud du Bou-Nacer, la portion planitiaire est le domaine de végétations steppiques particulièrement xériques qui s'étendent sur de grandes étendues. Très irrégulièrement répartie dans l'espace, la végétation steppique de la région est assez contrastée en raison de la diversité des substrats et des situations géomorphologiques. Il s'agit d'une végétation claire et basse, qui ne dépasse qu'assez rarement 50 cm de hauteur, constituée d'espèces pérennes (ligneuses le plus souvent). En se basant sur la physionomie, il est possible de distinguer dans la plaine deux types de steppes : une steppe graminéenne cespiteuse à halfa (*Stipa tenacissima* L.) et une steppe ligneuse chaméphytique à Armoise blanche [(*Seriphidium herba alba* (Asso) J. Sojak (= *Artemisia herba alba* Asso)]. La première manifeste une prédilection pour les sols à la fois légers et bien drainés ainsi que des sols à croûtes, alors que les artémisiaies à armoise blanche préfèrent plutôt les formations meubles, à texture moyenne à fine. Mais, dans un cas comme dans l'autre, les recouvrements restent faibles et la végétation n'interpose en aucun cas un écran efficace entre les pluies et le sol, si bien que les croûtes de battance formées par compaction de la surface sont généralisées dans de nombreux secteurs.



Photo 8. Les buttes de jujubier tendent d'autant plus vers un mode de distribution contracté que le support édaphique est moins favorable (affleurements de croûte calcaire, encroûtement gypseux ou salin, sols sableux). À noter encore que le jujubier tend ici à se concentrer le long du réseau hydrographique sur des alluvions limoneuses avec cependant des taux de recouvrement extrêmement faibles. En revanche, comme l'a observé Long (1954) en Tunisie, ses racines ont une longueur considérable tant en profondeur qu'au niveau de l'horizon supérieur du substrat (10 à 15 m de rayon). Il est probable que c'est cette même espèce qui, en ralentissant l'écoulement de l'eau et en piégeant les éléments fins, a conditionné la formation des buttes. Il convient enfin de remarquer au premier plan qu'il disparaît sur le rebord adjacent en terrain gypseux au profit de *Noaea mucronata*, © M. RHANEM

Ces steppes infraforestières se révèlent très pauvres en espèces vivaces, mais par contre assez riches en espèces annuelles pouvant atteindre un fort développement et un recouvrement élevé durant le printemps en année pluvieuse. Parmi les thérophytes les plus fidèles (au sens écologique du terme) qui composent leur cortège floristique, on trouve *Androsace maxima* L., *Anisantha rubens* (= *Bromus rubens* L.), *Carrichtera annua* (L.) DC., *Ctenopsis cynosuroides* (Desf) Romero Garc., *Rostraria pubescens* (= *Koeleria pubescens* P. Beauv.), *Lappula patula* (Lehm.) Gürcke, *Matthiola lunata* DC., *Plantago ovata* Forssk., *Scorzoneroide hispidula* (Delile) Greuter & Talavera. À côté de ces espèces, prennent place non seulement des géophytes comme *Gagea fibrosa* (Desf.) Schult. & Schult. f., mais aussi des chaméphytes telles que *Astragalus armatus* Willd., *Helianthemum pergamaceum* subsp. *camillei* Raynaud, *Noaea mucronata* (Forssk.) Asch. & Schweinf., *Plantago albicans* L. et même des hémicryptophytes telles que *Ajuga iva* (L.) Schreb. (Rhanem, 2009).

En revanche, dans les thalwegs où des caractères d'hydromorphie et de salure marquent généralement le faciès des sols alluviaux, mais pauvres en matière organique, l'halfa comme l'armoise blanche sont remplacés par *Atriplex halimus* L., *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin (= *Haloxyton scoparium* Pomel), *Hammada schmittiana* (Pomel) Botsch. (= *H. schmittianum* Pomel) (et de nombreuses autres chénopodiacées), *Rhanterium suaveolens* Desf., etc. Dans ce contexte d'espèces halophiles où les lames d'eau recueillies sont inférieures à 200 mm par an, prédomine *Ziziphus lotus* (L.) Lam. (jujubier) (Photo 8). Dans la région d'Outat-El-Haj, face aux contraintes d'approvisionnement en eau, il a plutôt tendance à se localiser dans les stations les moins sèches (lits asséchés d'oued, ravins, dayas) où il est accompagné de *Tamarix aphylla* (L.) H. Karst. (= *T. articulata*). Les sols salés sont très fréquents. Les jujubiers en sont éliminés ou n'y figurent que rarement. La végétation y est buissonnante formée principalement d'un ensemble d'espèces nettement halophiles ; c'est particulièrement le cas pour *Atriplex halimus* et *Lycium intricatum* largement dominants. Par contre, dans les stations les plus salées, *Salsola vermiculata* et *Suaeda vermiculata* (= *S. fruticosa*), *Sphenopus divaricatus* (= *Sphenopus gouani*), etc. s'y associent.

Le grand trait commun demeure donc la rareté et une forte variabilité dans le temps et dans l'espace des précipitations, ainsi que l'intensité de l'évaporation et la précarité des ressources en eau. La disponibilité en eau peut néanmoins être accentuée ou atténuée par les facteurs topographiques, mais aussi édaphiques et géomorphologiques qui n'évoluent pas aux mêmes rythmes que les paramètres climatiques. Les sols sont également comparables, caractérisés par des surfaces à croûte calcaire ou gypseuse plus ou moins démantelées, alors que sur les piémonts, glacis et zones d'épandage, se rencontrent des sols limono-sableux calcaires, avec parfois présence de gypse en profondeur. Le centre de la plaine est le domaine des sierozems épais et sableux, qui reposent le plus souvent sur des limons à nodules calcaires, et des encroûtements calcaro-gypseux.

Il convient enfin de souligner que c'est seulement dans les parties sèches de ce territoire que la contraction de la végétation survient chaque fois que les précipitations sont insuffisantes pour couvrir les besoins en eau minimum des arbres et/ou arbustes. Ceux-ci doivent alors trouver refuge dans les dépressions topographiques où le ruissellement et le stockage occasionnel de l'eau dans le sol compensent le déficit pluviométrique.

Cependant, un tel phénomène n'est pas spécifique aux milieux secs ; il peut se produire occasionnellement sur le versant sud du Bou-Nacer, et tout particulièrement en zone de haute montagne de l'Adrar Taouchguelt, pourtant fortement et longuement enneigés, de sorte que la végétation naturelle dans les milieux supraforestiers est affectée par la variabilité de l'épaisseur du manteau neigeux et sa durée dans sa structure et dans sa composition floristique, dans l'adaptation morphologique et écophysologique des espèces qui la composent. Une telle situation est rencontrée par le genévrier commun dont le recouvrement est également sous la dépendance très étroite des états de surface du sol ; ces derniers évoluent considérablement sous l'effet

de la topographie. En effet, ce taxon, au statut taxinomique encore incertain au Maroc (Adams *et al.*, 2015), est le seul arbuste encore susceptible de présenter mieux qu'aucun autre ligneux d'importantes concentrations de taches assez proches les unes des autres dans des portions d'espace exigües. Ces plages d'allure contractée tendent à se confiner exclusivement et rigoureusement dans des niches cryonivales ombragées. C'est là qu'il est particulièrement perceptible par la densité de ces colonies qui contraste d'une part avec leur très grande dispersion en dehors et, d'autre part, avec celle des grandes étendues des xérophytes épineuses en coussinet qui dominent partout ailleurs dans le paysage végétal environnant (Photo 6). Ces stations, qui paraissent être pour lui des plus favorables, sont protégées et enneigées pendant l'hiver et bien pourvues en eau pendant la saison de croissance.

Ces réponses de même nature dans des secteurs écologiquement éloignés les uns des autres et soumis aux mêmes types de compensation hydrique sont d'autant plus surprenantes qu'elles s'observent seulement sur quelques kilomètres de distance à peine, entre la plaine et son sommet, et c'est là un des aspects réellement originaux de ce territoire. Cela se traduit aussi par un résumé de tout l'étagement végétal allant de la flore saharienne xérophile dans les parties basses des grands glacis infraforestiers aux plantes mésohygrophiles sur les pentes fortes à raides tapissées d'éboulis mobiles dans les milieux supraforestiers. Cette dualité remarquable illustrée notamment au travers d'une flore et d'une végétation contrastées, surtout en ce qui concerne les écosystèmes infra- et supraforestiers, n'est qu'un des multiples aspects de l'éventail des contrastes qui caractérise ce territoire très original et que l'on peut observer dans les domaines les plus variés, notamment édapho-topoclimatiques et géomorphologiques.

Cependant, si ce laboratoire naturel permet de mieux saisir la situation de *J. communis* dans le contexte moulouyen et les processus géomorphologiques qui s'y inscrivent, sa présence dans ces milieux très contraignants sur un plan climatique soulève néanmoins de nombreuses interrogations. En effet, la prédominance, dans le paysage, de structures végétales caractéristiques des milieux perarides et secs apparaît, globalement, comme peu favorable à cette essence franchement septentrionale. À titre comparatif et indicatif, la région d'Outat-El-Haj toute proche, d'altitude plus faible (740 m environ) et située seulement à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau de la crête principale du Bou-Nacer (3 326 m), montre une pluviosité moyenne annuelle inférieure à 153 mm alors que la valeur moyenne *sensu* Emberger (1971) est de -1,0 °C, ce qui aboutit à son classement en bioclimat saharien à hiver froid.

III–La part déterminante des facteurs topographiques et géomorphologiques

L'ensemble de cette zone a fait l'objet d'études géomorphologiques et notamment de la thèse de R. Raynal (1961), alors que l'intérêt géomorphologique du Bou-Nacer n'a été souligné que rarement (Dresch & Raynal, 1953 ; Delcaillau *et al.*, 2007). Les premiers y voyaient notamment l'un des exemples les plus caractéristiques de la présence de vestiges glaciaires. Il doit rester entendu que notre propos ne vise aucunement à l'analyse exhaustive des reliefs et modelés, non plus qu'à leur mise en place, mais, par référence au massif du Bou-Nacer, d'essayer d'apprécier les éléments géomorphologiques les plus marquants en rapportant celles de nos observations qui concernent les relations qu'ils entretiennent avec les populations à genévrier commun.

A- Description du modelé

Dessin grossièrement un arc de cercle, le relief du Bou-Nacer présente en avant, au sud, un grand rayon de courbure. Sa ligne de crête est très uniforme, avec de nombreux sommets d'altitude comprise entre 3 001 et 3 096 m qui effleurent les 3 330 m seulement dans sa partie centrale, elle ne descend donc pas en dessous des 3 000 m d'altitude (Fig. 2), ce qui témoigne de la substantielle homogénéité lithologique du massif et de l'uniformité des processus de soulèvement orogénique. Elle constitue la ligne de partage des eaux du bassin supérieur du Melloulou et le bassin moyen de la Moulouya, alors que la courbe de niveau de 1 800 m pourrait approximativement lui servir de limite, sauf au nord, où il se poursuit par des avant-monts périphériques dont l'altitude se relève du nord au sud.

Deux larges vallées transversales (perpendiculaires aux structures géologiques), Atchana et Tirnest tournées vers le S-SO, creusent la partie centrale de la retombée méridionale de ce puissant rempart en s'ouvrant majestueusement vers le ciel et pénétrant avec le réseau de leurs affluents dans le massif calcaréo-dolomitique, dont les portions orientale et occidentale sont sillonnées par l'éventail des hautes vallées longitudinales secondaires qui convergent dans les bassins de réception. En effet, le fort soulèvement et l'effondrement concomitant et très lent de la plaine piémontaise entre Oulad-Ali et Tirnest ont fait que le sommet de Bou-Nacer se trouve seulement à 3 km de distance du bord de ces deux grands amphithéâtres en forme de fer à cheval très caractéristiques, situé à 1 700-1 800 m d'altitude. Cependant, celui d'Atchana, de par sa longueur et son ampleur, reste le plus imposant de toute la région (Photo 9).

Aujourd'hui, le versant sud du jbel Bou-Nacer pourrait jouer un rôle de réservoir d'eau pour les régions voisines en pleine expansion urbaine, industrielle et rurale. Hélas, le bilan hydrologique du massif est très réduit. L'Ain Lafraoua ne restitue que de faibles proportions des eaux tombées sur ce massif. La prépondérance de l'évaporation-sublimation de la neige, due à la durée de l'ensoleillement, réduit encore l'écoulement et l'infiltration. On doit aussi envisager l'existence d'un exutoire encore inconnu. Ces faits s'ajoutent à la faiblesse des précipitations dans la plaine pour faire des glacis emboîtés d'Atchana (mot d'origine arabe qui signifie littéralement « territoire très sec ») où dominent les touffes de romarin entre 1 700-1 800 m et 1 300 m (Photo 9), isolés par les entailles d'érosion actuelle des oueds, un espace aride peu fréquenté par les populations montagnardes et dépourvue de centres de cultures. En effet, le réseau hydrographique profond et très brusque des versants se raccorde à la plaine par des piémonts plus lents et faiblement inclinés, ne permettant pas aux oueds de se marquer vigoureusement.

Dans sa partie centrale, le Bou-Nacer se présente sous la forme d'un dôme très lâche où affleurent de puissantes dalles calcaréo-dolomitiques très dures et épaisses de plus d'une dizaine de mètres, tandis que ses deux flancs nord et sud retombent avec une forte déclivité (Photo 1).

L'autre aspect de ce segment d'orientation NNE-SSO réside dans la dissymétrie géomorphologique entre l'ubac et l'adret comprenant également une opposition assez nette entre la végétation.

Le versant sud présente un flanc raide à corniche presque verticale, tandis que le versant nord est régularisé (Photo 1). Cette différence se manifeste aussi par une plongée plus rapide du côté de la Moulouya et par une plus grande abondance d'éboulis de diverses dimensions provenant de la désagrégation des escarpements calcaréo-dolomitiques en contre-haut. Ce caractère très particulier du modelé est mieux illustré le long du méridien allant de Ksar-El-Kebir (Bouylloul) à Tirnest au N-NO d'Outat-El-Haj (Fig. 2 ; Photos 9, 10, 11 et 12).

De la ligne de faite, et tout particulièrement au niveau du Tizi n'silla (3 045 m), partent d'autres grands versants de directions



Photo 9. Adret du Bou-Nacer avec vue panoramique en direction du sud du vaste hémicycle d'Atchana où figurent encore quelques taches de chênaies de *Q. ilex*. La plaine alluviale est recouverte d'une immense fruticée de romarin ; cette espèce thermophile s'étend même au piémont au détriment du chêne vert par suite de la déforestation. La présence de l'halfa dans le cortège floristique est un également un indice de cette sécheresse et aussi de conditions rigoureuses en été, mal supportées par *A. flahaultii* qui n'apparaît ici qu'à partir de 2 500 m. Le climat de ce versant, tout en restant aussi sec et continental que celui du piémont moulouyen, est déjà plus rude.

Au premier plan, un pied de *Bupleurum spinosum* à 3 000 m ; en haut à gauche, là où l'amphithéâtre se resserre, l'on peut distinguer l'extrémité sud-occidentale de l'Adrar Taouchguelt où le genévrier est lié aux milieux confinés du vallon qui descend de 3 000 à 2 300 m d'altitude selon une direction est-ouest. Cette localisation assez extraordinaire à première vue pour une espèce souvent qualifiée de mésohygrophile confère au versant sud du Bou-Nacer un grand intérêt, © M. RHANEM



Photo 10. Versant sud à corniche du Bou-Nacer avec un alignement très caractéristique en mi-pente de colonies de *J. communis* à 2 600 m ; celles-ci se développent en tapis étendus sur de gros éboulis très filtrants tapissant des pentes sèches et raides. L'on peut aussi observer çà et là sur son pourtour des touffes d'*A. flahaultii* (teinte vert foncé). Bien que ces deux espèces n'apparaissent généralement qu'en petites taches, elles remontent cependant jusqu'au sommet ; mais seul *A. flahaultii* le franchit en direction du versant nord où il atteint des proportions nettement plus élevées. Notons aussi qu'à ce niveau altitudinal *Bupleurum spinosum* est plus fréquent qu'ailleurs, © M. RHANEM

orthogonales, le plus continu et le plus important d'entre eux appartient à l'Adrar Taouchguelt orienté N-S (Fig. 2). À son extrémité méridionale, la crête de ce haut relief s'infléchit légèrement vers l'ouest, partageant ainsi le versant sud du Bou-Nacer en un secteur grossièrement septentrional faisant face avec la ligne principale de crête du Bou-Nacer proprement dit et un secteur sud-oriental tourné vers la dépression d'Atchana. Ces deux axes à partir desquels il s'ordonne et la courbure de son axe principal encadrent un vaste cirque affectant la forme d'un large éventail quasiment fermé de toutes parts aux influences méridionales. C'est cette grande dépression, où s'individualisent vraiment les taches de genévrier, qui sera particulièrement étudié du point de vue floristico-écologique, édapho-topoclimatique et géomorphologique, dans les pages suivantes.

Ce sont les mêmes calcaires et dolomies durs, compacts qui forment ici aussi la ligne de crête, mais, contrairement aux sommets centraux, les pointes sont à ce niveau profondément découpées par des fissures que bordent des arêtes tranchantes modelées dans d'épais bancs subverticaux (Photo 4). Plus accidenté, ce segment de la montagne du Bou-Nacer est par conséquent moins massif, l'incision des vallées plus prononcée qu'ailleurs en raison d'une intense érosion torrentielle. Cela se voit particulièrement au niveau de la grande concavité de Taouchguelt. Celle-ci, au caractéristique profil en demi-tonnoir grossièrement orienté est-ouest, est à son tour entaillée perpendiculairement à la ligne de crête d'étroites vallées profondes et très encaissées. En sorte qu'immédiatement en contrebas des hauteurs culminantes s'étendent une série de cinq niches cryonivales coalescentes, également d'orientation E-O dont les talus raides, couverts d'immenses plaquages d'éboulis mobiles, sont entrecoupés de verrous au pied d'escarpements des rebords d'épaulements marquant la rupture de pente entre sommets et bord d'auge. Ces niches, héritées de périodes plus froides que l'actuelle, semblent avoir profité d'une suralimentation neigeuse provoquée par les vents venus du nord, qui poussaient le manteau neigeux du plateau sommital et provoquaient ainsi une forte accumulation au pied de la corniche.

Par ailleurs, ces niches cryonivales perchées, où l'altitude chute de 1 500 m en trois kilomètres, du sommet au gigantesque amphithéâtre d'Atchana, sont resserrées entre des versants à fortes pentes disséqués par des cours d'eau temporaires et actifs seulement lors des orages. Ces oueds élémentaires de versants et les torrents, dont les bassins versants n'excèdent pas quelques kilomètres carrés, débouchent plus en aval vers 1 800 m sur le large bassin alluvial d'Atchana colmaté par un matériel plus ou moins grossier. Entre les versants, le fond de vallée est étroit et prend parfois l'aspect d'une gorge. Il s'élargit rarement et sporadiquement lorsque des conditions structurales s'y prêtent.

Il s'ensuit que cette grande dépression juxta-sommitale de Taouchguelt se présente comme un ensemble de cinq concavités topographiques coalescentes où les précipitations chutent en grande partie sous forme de neige mais également de nébulosité, chaque unité étant la combe, limitée au nord et au sud par des promontoires et à l'est par la ligne de crête.

En effet, le Bou-Iblane (Fig. 1) ne constitue pas une barrière infranchissable susceptible d'arrêter

la pénétration des masses d'air océanique qui parviennent à arroser le Bou-Nacer. Déjà déchargées d'une partie de leur humidité, ces portions sommitales sont une nouvelle zone de condensation qui reçoit les derniers restes d'humidité venus du nord-ouest. Arrivées à bout de course, ce dernier absorbe la majeure partie de la potentialité de ces formations nuageuses qui souvent s'épuisent avant la moyenne vallée de la Moulouya, si bien que l'on passe d'un climat humide au sommet, qui reçoit annuellement 1 000 mm de hauteur de précipitations, à un climat aride à Outat-El-Haj distant à peine de 30 km avec seulement 153 mm. Sur le versant sud de la chaîne, la hauteur des pluies diminue donc rapidement.

De plus, en raison de leur altitude, ces formes, vraisemblablement héritées de la fin de la période glaciaire, jouent encore aujourd'hui le rôle de piège à neige pendant l'hiver et le printemps, permettant l'accumulation de congères plus ou moins épaisses, dont la fonte s'étale jusqu'à la fin du printemps. Par ailleurs, dans ces secteurs déprimés d'altitude élevée, une schistosité de grande dimension, d'innombrables diaclases, une intense dissolution qui a élargi les fissures et de sensibles variations de dureté ouvraient à la destruction cryoclastique de multiples facilités, qui expliquent pour partie les dimensions du démantèlement et des talus en décollant. Les crêtes, les éperons rocheux et les escarpements sont attaqués par la gélifraction produisant ces champs de pierres à gélifractions quand la pente est faible et les éboulis les plus divers si la pente est raide. Ces éboulis correspondent à des zones de diaclasations plus ou moins fines et d'orientations multiples, là où le gel débite la roche aussi bien en plaquettes qu'en blocs. Par conséquent, qu'ils soient actifs ou hérités, les éboulis, drapant le fond et les flancs très pentus de ces concavités bien particulières, sont très hétérométriques, mais restent de dimensions importantes et toujours mobiles. Il en résulte des microclimats très variés, mais



Photo 11. Versant nord réglé du Bou-Nacer présentant une double courbure, concave en bas et convexe en haut. Vue panoramique de l'hémicycle de Laanacer n'Bou-Assay où le romarin est totalement absent. Par contre, *Berberis hispanica* et *Buxus balearica* y sont fréquents et souvent abondants par endroits jusqu'à 2 200 m. La plus grande partie du versant nord est toutefois couverte par *A. flahaultii* qui apparaît dès 2 000 m, mais ne domine qu'entre 2 200 et 2 600 m. Au-delà, il est relayé par *Alyssum spinosum* qui tend à le dominer à mesure que l'altitude croît. Sur la partie concave du versant, des écoulements importants ont creusé des entailles profondes en forme de « V » qui ont donné naissance à d'épaisses accumulations de glaci-cônes.

Notons enfin que le genévrier y est absent, ou du moins extrêmement rare, en dépit de l'orientation de cet ubac vers les vents pluvieux dominants, © M. RHANEM



Photo 12. Versant nord de Richter modelé dans des bancs calcaires compacts métriques séparés par des terrains calcaires plus épais et plus finement lités. Entre 2 200 et 2 600 m, s'étend une artémisiaie dominée par *A. flahaultii* dans laquelle on peut distinguer de nombreux représentants d'*Alyssum spinosum*, *Cytisus balansae* (Boiss.) Ball, *Erinacea anthyllis* Link et *Vella mairei* Humbert. Le transect Ksar el Kebir-Tirnest montre donc combien *A. flahaultii* possède une très large amplitude en ce qui concerne les facteurs topoclimatiques et même édaphiques. Ces divers caractères font de ce taxon le plus bel exemple d'un arbuste préférentiellement, mais non exclusivement, oroméditerranéen et endémique du Bou-Nacer central, © M. RHANEM

uniformes. Du point de vue écologique, nous trouverons donc de grandes analogies entre ces cinq secteurs déprimés. Seule la durée d'insolation pourra peut-être varier dans la mesure où les combes seront plus ou moins étroites et les flancs sont exposés au sud.

Dans la perspective de géomorphologie adoptée ici, la signification phytogéographique de ces tabliers d'éboulis des cirques d'Atchana est tout aussi riche d'enseignements que leur signification lithologique et bioclimatique, car cette localité fait figure de jalon essentiel dans l'occupation des bassins supérieur et moyen de la Moulouya par le Genévrier commun.

B- Des biotopes délaissés par les xérophytes épineuses en coussinet

En somme, comme on vient de le voir, malgré l'appartenance du versant moulouyen du Bou-Nacer aux quadrants méridionaux, l'orientation est-ouest et l'existence dans le cirque de Taouchguelt de nombreux ubacs, induite par une oro-topographie des plus singulières lui valent de bénéficier de conditions écologiques d'ombre portée et de fraîcheur exceptionnellement favorables parmi lesquels le froid et la neige jouent de toute évidence un rôle important. Ce sont par ailleurs ces mêmes caractéristiques morphologiques qui lui permettent d'intercepter et d'emmagasiner une plus grande quantité de précipitations occultes, dues aux phénomènes de condensation qui s'ensuivent. Tous ces facteurs se conditionnent mutuellement dont profite largement le genévrier commun.

Dès lors, on comprend pourquoi des deux versants du Bou-Nacer, seul celui du sud est garni, dans la partie supérieure (à partir de 2 400 m environ) du cirque de Taouchguelt, de plages de genévrier commun. C'est là en effet que l'on observe de façon éclatante la plus vaste étendue cette espèce de tout le bassin d'Atchana.

Par ailleurs, sur les flancs des cinq petits cirques, l'existence de dalles calcaires dures proches de l'horizontale, produisent des épaulements nombreux et de grandes dimensions constituant des reliefs en gradins dont les talus raides couverts d'éboulis viennent se caler sur la limite des affleurements les plus durs (Photos 6 et 13). Cette topographie contraste très clairement les dissemblances géomorphologiques en individualisant, au milieu de xérophytes épineux, de plus ou moins grandes taches de genévriers absolument superposables aux endroits où les éboulis sont toujours étendus et abondamment entassés. Ailleurs en effet, il n'y a plus que quelques touffes de genévrier commun s'agrippant aux escarpements qui les coiffent. Dans ces dernières stations encore plus contraignantes et de très faible concurrence interspécifique, seuls des pieds de genévriers disséminés et des taches éparses arrivent à coloniser les vives et les multiples fissures qui entaillent en tous sens la paroi rocheuse jusqu'à 3 000 m d'altitude. Par le bénéfice de microclimats, une ambiance plus fraîche et de meilleures conditions pédologiques favorisent en effet leur maintien ou leur réinstallation sporadique, bien qu'ils paraissent s'y situer aux limites extrêmes de l'aire locale du taxon. Ces genévriers accrochés, à la faveur d'interstices, au flanc des parois rocheuses abruptes très ventées et soumises aux froids nocturnes hivernaux particulièrement vifs sont la preuve de la rusticité paradoxale de cette essence (Photo 7).

Or, bien que ces stations rocheuses soient avant tout des stations-refuge qui, localement, lui permettent aussi d'échapper à la concurrence des chaméphytes épineux en coussinet, le genévrier commun se comporte néanmoins davantage en végétal de pierrier (éboulis, blocailles torrentiels) qu'en rupicole stricte.

Quoi qu'il en soit, ces biotopes marqués par la présence de formes topographiques en creux restent d'extension spatiale limitée et restreints aux seuls secteurs humides à per-humides longuement enneigés, localisés principalement aux hauts versants nord, nord-est et nord-ouest. Ce sont par ailleurs des habitats qui se distinguent aussi par la grande originalité de leur substrat où prédominent d'exceptionnels placages quaternaires d'éboulis périglaciaires (ce qui paraît révélateur d'un topo-climat nettement plus froid), régulièrement répartis, à flore spéciale dont le genévrier commun est l'élément majeur. La comparaison, de ce point de vue, entre les cinq ébauches de combe de Taouchguelt confirme par ailleurs avec une particulière netteté l'influence considérable que revêtent la pente, le commandement de leurs versants, dont les effets sont amplifiés par l'exposition, et le moment précis du déneigement dans la géomorphologie de ces hautes dépressions juxta-sommitales.

Ainsi, bien que des mesures soient ici extrêmement difficiles, il semble bien que l'influence du topo-climat créé, combinée à celle de la géomorphologie et de l'édaphisme, ait joué (et joue encore) le principal rôle dans le maintien dans ces vallons étroits plus humides au Bou-Nacer. Il n'est donc pas étonnant de constater la répartition à peu près concomitante des splendides populations de genévrier commun avec ces véritables îlots de fraîcheur, mais il n'y a pas de coïncidence absolue.

Ce caractère n'est d'ailleurs pas sans rappeler un comportement semblable du genévrier commun sur les trois autres montagnes du Haut Atlas de Midelt. Tout comme elles aussi, les populations à genévrier sont désormais en dehors de l'aire centrale actuelle et des conditions optimales d'épanouissement de l'espèce qui, plus au nord, se réalisent sous des pluviométries annuelles supérieures à 2 000 mm en relation avec des températures très froides.

Enfin, les constatations précédentes montrent à l'évidence que ces populations sont des héritages survivant davantage pour des raisons édaphiques et géomorphologiques que climatiques dans un environnement aridifié, et donc différent de celui qui avait présidé à leur genèse. Ces reliques sont vraisemblablement des témoignages d'anciens épisodes climatiques durant lesquels l'ambiance climatique générale devait être plus humide et plus froide.

C-Écologie comparative entre *Juniperus communis* et *Artemisia flahaultii*

Au même titre, sinon plus, que les trois centres majeurs haut-atlasiques, la population de genévriers de l'Adrar Taouchguelt dans le Bou-Nacer est localisée au pied de puissants écrans protecteurs subverticaux qui la coupent quasiment du reste du bassin de la Moulouya, ce qui la soustrait à la concurrence d'espèces plus compétitives et renforce plus encore son isolement. Elle présente un caractère d'ancienneté évident comme en témoigne la présence d'éléments endémiques irano-touraniens dont *Artemisia flahaultii* Emb. & Maire est un exemple typique, et qui n'a, comme le genévrier commun, pu subsister que du fait d'un relief tourmenté et en partie sans doute du fait de sa rareté, mais aussi grâce à des conditions écologiques très strictes. Absent partout ailleurs, ce nanophanérophite endémique du massif du Bou-Nacer est une *asteraceae* très rare de la flore marocaine encore fort peu connue.

Il convient également de retenir que, sur ce massif, *A. flahaultii* et *J. communis* sont, à quelques exceptions près, les deux espèces qui offrent toujours le plus haut degré de fréquence dans leur aire de chevauchement où elles semblent étroitement imbriquées. Par contre, du point de vue phytogéographique, à l'échelle du Bou-Nacer, l'aire du premier taxon déborde largement celle du second, ce qui permet de mieux cerner les caractéristiques écologiques de chacune d'entre elles.

Ainsi, l'étude de la distribution altitudinale de l'armoise en différents points du transect Ksar el Kebir-Tirnest (Photos 9, 10, 11 et 12) montre que cette espèce affectionne les lieux découverts qui s'étendent depuis le fond des thalwegs, à 2 000 m d'altitude, jusqu'aux limites altitudinales du massif à près de 3 000 m au-delà desquelles les conditions paraissent extrêmement sévères et seuls des végétaux hautement spécialisés sont capables de se maintenir ou même de s'étendre. Par ailleurs, se référant aux mêmes observations réalisées sur cette coupe topo-phytogéographique, on ne peut affirmer qu'elle se localise sur ses deux versants et se développe indifféremment à toutes les expositions, alors que le genévrier est quasi absent du versant sud où seuls quelques individus arrivent à se développer çà et là, et dont les individus, de surcroît, sont de taille réduite et de vigueur faible. Leur importance n'est d'ailleurs pas la même (Photo 13). Cependant, le déterminisme édapho-topo-climatique et géomorphologique des taches de genévrier commun est dans la plupart des cas quasiment respecté, avec des signes d'envahissement tout particulièrement des gélifractions identifiables surtout par leur aplatissement marqué, mais aussi par de moins bons critères comme leurs formes anguleuses. En outre, tout comme lui, l'armoise se développe préférentiellement sur les pierriers, mais, contrairement au genévrier, s'étend très rarement par vastes nappes denses. Il faut aussi remarquer qu'elle s'implante moins fréquemment dans les groupements de fentes de rochers de hautes altitudes, alors que le genévrier commun, avec des exigences édaphiques et géomorphologiques moins strictes, voit son aire limitée par les facteurs hygrothermiques. Néanmoins, s'il reste toujours assez exigeant vis-à-vis des facteurs hydriques, sa plasticité aux facteurs thermiques est bien plus large.

Il ressort de ce rapide état des lieux qu'il y a concordance incomplète des aires des deux espèces, bien qu'elles végètent assez



Photo 13. Influence de l'exposition sur la répartition de *J. communis* et d'*A. flahaultii* dans la première niche cryonivale en remontant la plaine d'Atchana en direction de l'Adrar Taouchguelt. La durée d'enneigement, plus longue sur le versant exposé au nord (à gauche de la photo), est à l'origine du maintien du développement du genévrier en taches plus envahissantes et mieux individualisées à la tranche altitudinale 2 500-2 700 m, contrairement au versant exposé au sud où la neige fond plus rapidement ; là, c'est une mosaïque d'*A. flahaultii* et de *Bupleurum spinosum* qui prédomine. Notons l'édaphisme intervient aussi comme facteur déterminant. Vue prise en direction de l'est vers la plaine d'Atchana ; au fond, on devine la zone planitiaire de la moyenne Moulouya, © M. RHANEM



Photo 14. Même niche cryonivale d'orientation E-O. Les contours du couloir d'ébouilisation et des couches figurant sur la photo illustrent la géologie et la géomorphologie d'une partie de ce vallon perché au dessus du gigantesque amphithéâtre d'Atchana (que l'on devine en arrière plan) et, partant, expliquent les caractéristiques propres des formes que nous y trouvons. Les calcaires durs en bancs et inégalement résistants du sous-sol provoquent un relief en gradins (intercalation de roches tendres comprise entre deux masses calcaires à pendage non conforme). Autant l'attaque combinée des glaces et du gel se montre déterminant, autant le travail des eaux courantes se montre d'une grande efficacité, creusant les roches imperméables et tendres, mettant en saillie les roches dures. Dans le thalweg, vers 2 550 m, l'on peut aussi noter l'étalement en nappe sur des blocs d'une colonie de genévrier très basse mais compacte, d'où émergent des pieds de *Rhamnus alpina* L. et d'*A. flahaultii*. En bas de pente, une sorbaie clairsemée à *Sorbus aria* (L.) Crantz (alisier blanc) colonisant des éboulis moins grossiers et moins hétérométriques la prolonge vers le bas entre 2 350 et 2 400 m, © M. RHANEM

souvent côte à côte. En fait, l'armoise présente la particularité d'être constamment associée au genévrier commun là où celui-ci se trouve. Il révèle aussi que ce sont les deux seuls ligneux encore capables de pénétrer profondément à l'étage oroméditerranéen et d'y occuper une place appréciable voire localement importante, à l'instar de la mosaïque bistratée à cotonéaster nummulaire et genévrier sur les cinq ébauches de combe au Maasker (Rhanem, 2015, 2016a et b). Tout comme elle, la fruticée mixte à genévrier et armoise est la règle dans les cinq vallons qui entaillent le cirque de Taouchguelt où elle se trouve reléguer dans l'une des parties supérieures les plus profondément encaissées de la retombée méridionale du Moyen Atlas d'Outat-El-Haj, mais n'occupant toutefois que les situations les plus fraîches. Relativement homogène, cette mosaïque représente selon toute vraisemblance un groupement unique en son genre à l'échelle du Maroc. Rien de semblable n'a été signalé jusqu'à présent.

Ainsi conçu, ce groupement spécialisé, pauvre en espèces et peu répandu, est strictement inféodé à ces hauts vallons où il prend électivement place sur les pentes à fortes déclivités, les plus affectées par les coulées de neige. Fréquents et abondants sur de gros éboulis mobiles principalement où ils échappent à la concurrence des autres espèces. De tels phénomènes sont directement en rapport avec le modelé microgéomorphologique, lui-même induit par des processus microtopoclimatiques (Photo 14). Plusieurs observations suggérées par le terrain lui-même dans les cinq niches cryonivales de Taouchguelt en apportent la confirmation.

L'on conçoit dès lors que, si le climat général de cette fruticée mixte unistrate est celui de l'étage de haute montagne, son climat local est davantage déterminé par la combinaison des critères thermiques et hydriques qui représente un élément décisif, puisque ni les uns ni les autres pris individuellement ne sont suffisants pour rendre compte de son individualisation au milieu des groupements à xérophytes épineuses appartenant du point de vue phytosociologique à l'ordre des *Erinacetalia* (Quézel, 1957). Bien évidemment, d'autres critères climatiques, comme la neige et les précipitations occultes, entrent en jeu et peuvent même jouer un rôle notable.

Conclusion

À la lumière de tous les éléments discutés, le versant sud du Bou-Nacer apporte une contribution remarquable à l'étude biogéographique et écologique du genévrier commun. Il confirme sans équivoque que l'irradiation au Maroc de ce taxon arctico-alpin présentant certaines exigences saisonnières en humidité, dans sa terre d'élection, la vallée de la Moulouya, est loin d'être fortuite. La trajectoire suivie est en effet hautement expressive et illustre de façon précise ce phénomène insoupçonnable. Ce fait ressort nettement lorsqu'on embrasse l'ensemble des données disponibles pour tout l'imposant encadrement montagneux prospecté entre les localités de Tounfite et d'Outat-El-Haj (Rhanem, 2016a et b).

Situé au voisinage immédiat de la zone de transition entre les biomes méditerranéen et saharien, ce cadre moulouyen est probablement le territoire le plus chaud et le plus sec de l'aire

de distribution de l'espèce dans le monde. L'incongruité de cette dualité se révèle encore plus inattendue que les quatre derniers refuges majeurs de genévrier sont franchement détachés du reste de l'aire et que le maximum de fréquence et d'épanouissement de ce conifère est d'autant plus important à mesure que l'on se dirige plus au sud et que l'on s'enfonce davantage dans les fonds reculés des bassins moyen et supérieur de la Moulouya aux limites méridionales de la zone d'influence des précipitations se rapportant au front polaire.

Cette portion resserrée entre les deux branches divergentes de l'édifice montagneux haut- et moyen-atlasique offre néanmoins sur quelques kilomètres de distance à peine, entre la plaine et les sommets, un raccourci exceptionnel de toute la gamme bioclimatique allant du peraride à l'aride supérieur pour la plaine et du semi-aride au perhumide pour la montagne. Cette situation est surtout favorisée par la configuration et l'orientation de quatre puissants reliefs, les plus hauts chaînons frontaux surgissant en bordure de la plaine (Fig. 1), dont les longs versants raides seuls permettent l'existence en haute altitude d'intenses pôles de condensation bien plus froids et davantage plus humides. C'est le cas aussi bien au Maasker, Tadrart et Amkaidou dans le Haut Atlas de Midelt, se relayant d'ouest en est, qu'au niveau du Bou-Nacer dans le Moyen Atlas d'Outat-El-Haj, avec lesquels il présente d'incontestables affinités. Au point de vue écologique, leurs conditions générales d'environnement sont en effet quasi similaires, à l'exception cependant d'un caractère différentiel : les colonies de genévrier se répartissent exclusivement en ubac des chaînons plissés calcaires d'Amkaidou, Tadrart et Maasker et non pas en adret comme elles le sont sur le Bou-Nacer, ce qui lui confère de toute évidence une originalité certaine. Cette différence paraît toutefois n'avoir que peu de répercussion.

Un examen attentif et l'analyse des conditions orographiques de cette nouvelle localité, qui frappe aussi par son plus grand isolement et son fort encaissement, montrent en effet le rôle primordial et décisif de l'Adrar Taouchguelt dans cette localisation assez extraordinaire à première vue pour une espèce souvent qualifiée de mésohygrophile. Par sa vigueur comme par son extension nord-sud et perpendiculaire à l'axe principal du massif du Bou-Nacer, ce puissant escarpement ferme en hémicycle le bassin du même nom, ce qui contribue à modifier avantageusement les conditions climatiques régionales. Il est en outre symptomatique de retrouver dans le Taouchguelt le même éventail de cinq grandes niches cryonivales en forme de fauteuil propices à l'accumulation des neiges et des éboulis. Ces dépressions juxta-sommitales, très souvent orientées d'est en ouest, présentent dès lors un versant exposé au nord. On a donc une opposition de versants habituelle avec un ubac orienté plein nord et un adret plein sud. Le premier est occupé de nombreuses touffes de genévrier commun qui prennent plus d'envergure sur les talus d'éboulis par rapport à celles de l'armoise et le versant sud colonisé surtout par des xérophytes épineuses et *A. flahaultii*, auxquelles s'ajoutent sporadiquement le genévrier. Par contre, sur le versant à regard ouest, c'est encore la mosaïque lâche de genévriers et d'*A. flahaultii* qui marque le plus le paysage végétal oroméditerranéen. Cette fruticée mixte présente donc son optimum de développement dans les stations les plus fraîches de Taouchguelt puisque les deux espèces y font figure de constantes et présentent par endroits un important degré de recouvrement qui ne trouve nulle part ailleurs un équivalent dans le monde.

La population de genévriers au Bou-Nacer méridional retient ainsi particulièrement l'attention en prenant une grande ampleur dans les paysages végétaux de haute montagne et encore uniquement au sein de biotopes à compensation hydrique évidente. Ailleurs, la présence de ce taxon est bien plus discrète et, si les touffes de genévrier commun apparaissent çà et là, elles ne déterminent plus l'apparition de ce paysage si caractéristique car, lorsqu'elles existent, elles se diluent au sein de la végétation générale. Il n'en traduit pas moins, par son adaptation au climat, l'hétérogénéité bioclimatique méditerranéenne caractérisée par des fluctuations intra- et interannuelles importantes. C'est en particulier le cas du stress hydrique qui est lié d'une part à la sécheresse estivale, à son intensité, à sa durée et d'autre part aussi à l'action du vent (plus particulièrement le *chergui*) et toutes les variations combinées de ces caractéristiques climatiques qui imposent à toutes les essences majeures de résister à l'évapotranspiration. Il en est de même pour *A. flahaultii* dont la résistance au stress hydrique se manifeste par un comportement typique des sclérophylles méditerranéennes. Tout comme le genévrier, cette armoise endémique montre en effet une grande aptitude à s'adapter également dans les secteurs de très fortes contraintes au climat extrêmement contrasté comme dans les stations de parois rocheuses.

Enfin, concernant les quatre refuges périlmoulouyens, de par leurs altitudes sommitales et leur hauteur moyenne importante, mais aussi par leur développement longitudinal, ils appartiendraient à la même entité biogéographique à l'intérieur de laquelle il serait possible d'individualiser différents types de mosaïques ayant valeur d'endémiques. Outre celle du Bou-Nacer, c'est aussi en particulier le cas, au Maasker, de la splendide fruticée mixte rubanée nettement singularisée par l'abondance relative, à côté du genévrier commun, du rarissime *Cotoneaster nummularia* Fish & C.A. Mey qui s'élève assez haut dans l'étage oroméditerranéen témoignant du topoclimat froid et humide qu'il l'abrite (Rhanem, 2015 ; 2016a et b).

Bibliographie

- Adams R.P., 2014–*Juniperus of the world: the genus Juniperus*. Trafford Publishing, 415 p.
- Charriere A., Ouarhache D. & El-Arabi H., 2011–Le Moyen Atlas. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc* 559 (4) : 11-108, 116 figs.
- Delcaillau B., Laville E., Carozza J.-M., Dugue O., Charroudm & Amrhar M., 2007–Morphotectonic evolution of the Jebel Bou Naceur in the South Middle Atlas Fault Zone (Morocco). *C. R. Geoscience* 339 : 553–561.
- Dresch J. & Raynal R., 1953–Note sur les formes glaciaires et périglaciaires dans le Moyen Atlas, le bassin de la Moulouya et le haut Atlas oriental et leurs limites d'altitude. *Notes et Mém. Serv. Mines* 117 : 111-121.
- Emberger L., 1971–*Considération complémentaire au sujet des recherches bioclimatiques et phytogéographiques-écologiques*. Travaux de botanique et d'écologie, livre jubilaire, Masson & Cie, Paris, 519 p.
- Long G., 1954–Contribution à l'étude de la végétation de la Tunisie centrale. *Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie*, vol 1, 27 : 1-389 ; vol 2 : carte et tableaux.
- Michard A., Saddiqi O., Chalouan A. & de Lamotte D. F., 2008–*Continental evolution: the geology of Morocco. Structure, stratigraphy, and tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean triple Junction*. Springer, 424 p.
- Pujos A., 1955–Sur un sous-étage de végétation méditerranéen aride froid à Chénopodiacées et la présence de l'étage méditerranéen saharien dans le bassin de la Moulouya (Maroc). *C. R. Acad. Sci.* 240 : 1010-1012.
- Raynal R., 1961–*Plaines et piedmonts du bassin de la Moulouya (Maroc oriental). Étude géomorphologique*. Édit. Inframar, Rabat, 617 p.

Rhanem M., 2013–De l'écologie, de la répartition et de la structure spatiale du Genévrier commun hémisphérique : *Juniperus communis* subsp. *hemisphaerica* (Presl) Nyman au Maroc. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **44** : 301-316.

Rhanem M., 2014–Sur la rareté du Genévrier commun (*Juniperus communis* L.) au Maroc et ses relations avec la triade arbustive d'éboulis (*Berberis hispanica* Boiss. & Reut., *Buxus balearica* Willd. et *Ribes uva-crispa* L.) au sein et à la périphérie de l'écotone supraforestier dans les hauts massifs de l'Ayachi et du Tichchoukt ; intérêt de la géomorphologie. *Evaxiana* **1** : 30-69.

Rhanem M., 2015–Compléments à la distribution et au statut de relique géomorphologique de *Juniperus communis* L. au Maroc à la lumière de la découverte d'un géomorphosite remarquable sur le mont Maasker. *Evaxiana* **2**: 23-41.

Rhanem M., 2016a–*Recherches sur les populations méconnues de genévrier commun (Juniperus communis L.) aux limites méditerranéennes de son aire de répartition dans le bassin de la haute Moulouya (Maroc). Aspects biogéographiques, génético-taxonomiques et auto-synécologiques.* Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Meknès.

Rhanem M., 2016b – *Juniperus communis* L., *conifère arctico-alpin rare et méconnu au Maroc. Sa place dans les paysages du pourtour moulouyen aux limites méditerranéennes de son aire de répartition.* Éditions universitaires européennes, 280 p.

Thompson J. D., 2005–*Plant evolution in the Mediterranean.* Oxford University Press, Oxford, 293 p.