

Morfologiczna rola koryt rzek epizodycznych Jebel Bani na przykładzie ouedów El Mut i El Feija (Antyatlas)

Bogdana Izmailow

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński
e-mail: b.izmailow@geo.uj.edu.pl

Kazimierz Krzemień

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Uniwersytet Jagielloński
e-mail: k.krzemien@geo.uj.edu.pl

Wstęp

Obszary górskie, niezależnie od strefy klimatycznej, są strefą produkcji materii. Rzeki rozcinające te obszary transportują podczas wezbrań materiał detrytyczny na ich przedpole. Rodzaj i frakcja tego materiału jest związana z cechami środowiska przyrodniczego dorzecza, a ponadto, z reżimem hydrologicznym rzeki. Koryta rzeczne są więc efektem długotrwałych procesów zachodzących w całych dorzeczach. Istnienie odcinków morfodynamicznych w ich profilu podłużnym jest wynikiem ewolucji koryt nawiązującej przeważnie do odporności podłoża.

Celem badań prowadzonych w południowym Antyatlase było poznanie wykształcenia typowych koryt rzek epizodycznych i ich roli w przeobrażaniu rzeźby tego obszaru. W warunkach ekspedycyjnych należało brać pod uwagę stosunkowo niewielkie systemy korytowe, ze względu na brak czasu i możliwości realizacji szerszych zamierzeń. Do badań wybrano więc jedno z odgałęzień Ouedu el Mut rozcinającego południowe stoki Jebel Bani i Oued el Feija, którego boczne odgałęzienia drenują północny skłon Jebel Bani.

Obszar badań

Badany obszar położony jest na pograniczu Antyatlasy i rozległych, zróżnicowanych pod względem rzeźby obszarów Sahary (ryc. II). Do badań wybrano ouedy rozcinające pasmo Jebel Bani, stanowiące południowe peryferie Antyatlasy. Oued el Feija drenuje północny skłon Jebel Bani i łączy się z Oued Dra na południe od Zagory. Natomiast Oued el Mut rozcina południowy skłon Jebel Bani i dochodzi do rozległego obniżenia zajętego w części przez Oued Dra. Obszar ten jest bardzo ciekawy, ponieważ większość wielkich ouedów wychodzących na przedpole Atlasu gubi swe epizodyczne wody w głębi Sahary, natomiast Oued Dra na południe od Zagory zmienia swój bieg z południkowego na zachodni. Epizodyczne wody wypływające z Atlasu sporadycznie przepływały w stronę Atlantyku. Niestety w wyniku zagospodarowania doliny Dra w wyżej położonym odcinku i budowy zbiorników zaporowych, wody Ouedu Dra nie docierają nawet okresowo w dawne miejsca.

Dolina el Feija należy do dużych dolin Antyatlasy przebiegających równolegle do głównych jego grzbietów. Położona jest między grzbietami Jebel Bani na południu i Jebel Mestra, Jebel Grara i Jebel Amergou na północy. Zlewnia badanego ouedu o powierzchni 1875,2 km² położona jest w wysokości od ok. 1962 m n.p.m. na grzbiecie Grara na NW do ok. 600 m n.p.m. przy połączeniu z Ouedem Dra. Długość Ouedu el

Feija wynosi ok. 100 km. Zlewnię tego ouedu budują: od NW utwory prekambryjskie takie jak andezyty, trachity, granity oraz dolomity i czerwone piaskowce kwarcytyczne; ku południowi obszar ten budują kambryjskie dolomity oraz zielone piaskowce ilaste i piaskowce kwarcytczne. Południową część zlewni w rejonie Jebel Bani budują różnego rodzaju ordowickie piaskowce kwarcytczne i piaskowce ilaste. Skały osadowe w całym obszarze badań zapadają monoklinalnie na S pod kątem kilku stopni, od najstarszych do najmłodszych.

Dno doliny Ouedu el Feija o szerokości od 1 do 16 km wyścielają utwory plejstoceńskie i holocenne budujące rozległe stożki napływowe i poziomy terasowe. Rozległe stożki napływowe budują przeważnie utwory piaszczysto-żwirowe, ale im bliżej wylotów z ouedów u ich nasady frakcja materiału wzrasta do głazowej. Samo koryto o szerokości od kilkunastu do kilkudziesięciu m wycięte jest przeważnie w żwirach i piaskach.

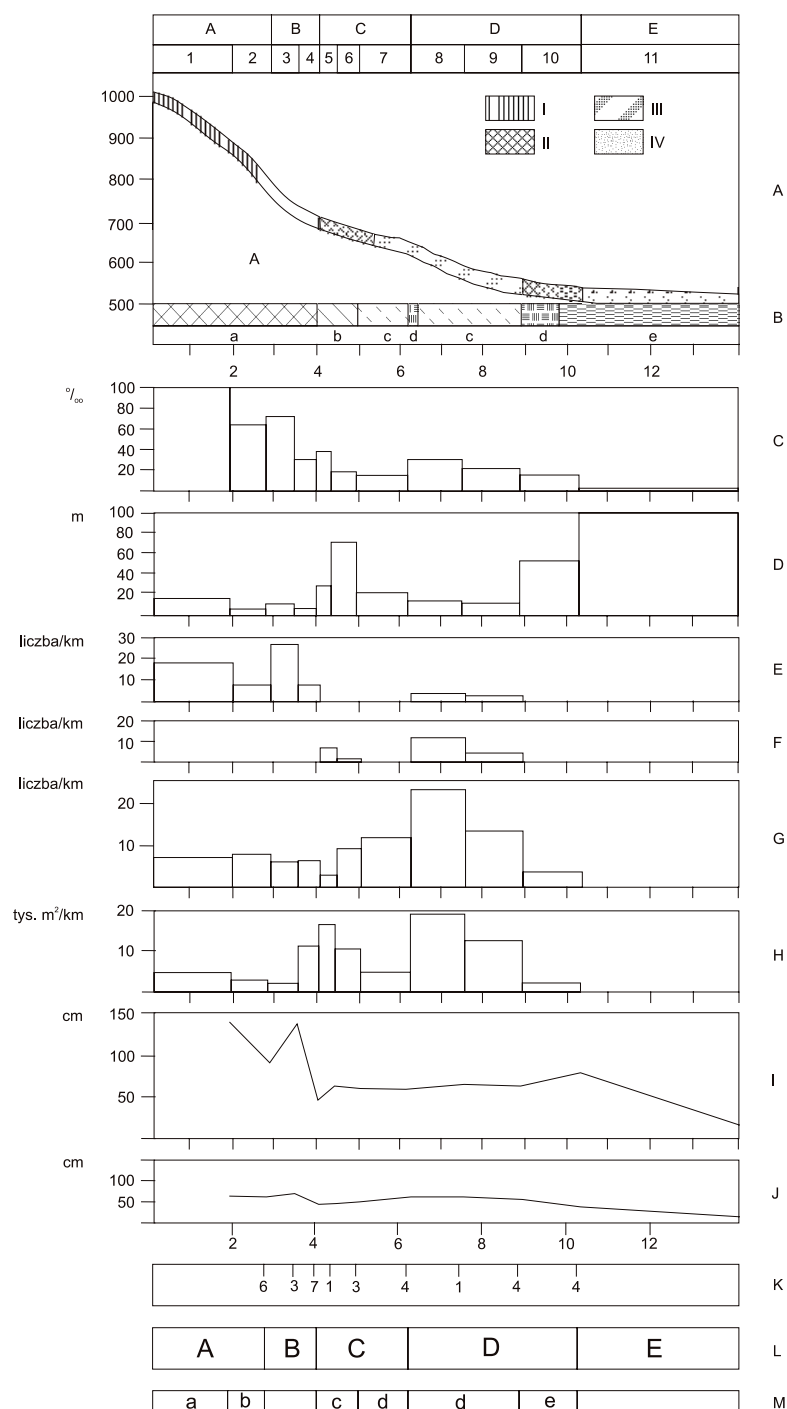
W obrębie szerokiego dna doliny Ouedu el Feija występują fragmenty pięciu poziomów teras akumulacyjnych lub utrwalonych glaciis, przeważnie lokalnie nadbudowane stożkami napływowymi. Poziomy te pochodzą z pięciu okresów pluwialnych. Każdy z nich odpowiada przeważnie glacialowi i okresowi interglacialnemu. Są to od najstarszych: Salétien (Günz), Amirien (Mindel), Tensiftien (Riss), Soltanien (Würm), Rharbien (postglacial) (Coque 1977). Dolina Ouedu el Feija jest asymetryczna. Zbocza lewe, północne są długie i mało nachylone. Zbocza prawe, południowe są krótkie i strome. Również do tej asymetrii nawiązuje dno doliny. Dno doliny na lewym brzegu Oued el Feija jest szerokie i pochylone na S, dno doliny na prawym brzegu jest bardzo wąskie. W obrębie dna doliny największe powierzchnie zajmują terasy i stożki napływowe z pluwiału Amirien (Mindel + interglacial Mindel/Riss), najlepiej wykształcone na N od ouedu. W obrębie tego poziomu w pobliżu Zagory powstały w ostatnich latach trzy barchany, będące na różnym etapie rozwoju.

Oued el Mut jest typową formą rozcinającą południowy skłon grzbietu Jebel Bani między Foug Zguid a Tagounite i nie podlega większym wpływom antropogenicznym. Zlewnia badanego ouedu o powierzchni 44,5 km² położona jest w wysokości od około 1110 m n.p.m. na grzbiecie Jebel Bani do 540 m n.p.m. na jego przedpolu, w rejonie rozległego obniżenia zajętego przez Oued Dra (Erg Souar) (ryc. II). Obszar ten budują w większości piaskowce ordowickie różnych formacji Jebel Bani (ryc. 2). W kierunku wschodnim Jebel Bani rozgałęzia się na dwa grzbiety: północny Jebel Bani I i południowy Jebel Bani II. Na północy badany obszar buduje formacja Rouid-Aïssa. Są to głównie szaro-fioletowe i zielone piaskowce oraz różowe piaskowce kwarcytczne. Piaskowce te zapadają monoklinalnie na południe pod kątem około 6°. Ich strop w wielu odcinkach pokrywa się z powierzchnią stoku lub z dnem ouedu. Utwory te są pocięte regularnymi spękaniami ciosowymi. Szczeliny wzdłuż spękań ciosowych są poszerzane dzięki wietrzeniu i odprowadzaniu materiału. Wzdłuż szczelin zakładane są linie spływu wody i koryta. Utwory te według mapy geologicznej wykonanej na podstawie badań Destobres'a z okresu 1959–86, pocięte są siatką licznych regularnych uskoków (Carte Géologique du Maroc 1989). Można mieć wątpliwości czy wszystkie linie są uskoki. Utwory te ogólnie są odporne na wietrzenie i rozcinanie.

Na utworach formacji Rouid-Aïssa zalega monoklinalnie ordowicka formacja górna Ktaoua. Jest to seria bardzo mało odpornych, szarzielonych kruchych ilów z cienkimi wkładkami piaskowców. Utwory te budują podnóże typowego progu strukturalnego. Na tej serii zalega monoklinalnie ordowicka formacja dolna Bani II. Są to głównie średnio odporne pastelowe piaskowce i piaskowce kwarcytczne. W obrębie tych utworów, w badanym obszarze, lokalnie występują jurajskie intruzje dolerytowe jako dajki i sille. W kierunku południowym zalega monoklinalnie formacja górna Bani II. Są to piaskowce z ziarnami różnej wielkości oraz bardziej odporne piaskowce kwarcytczne z konglomeratami. Utwory te są stosunkowo odporne. U podnóża Jebel Bani występują fragmenty pięciu poziomów teras akumulacyjnych lub utrwalonych glaciis, przeważnie lokalnie nadbudowane stożkami napływowymi. Poziomy te pochodzą z pięciu okresów pluwialnych. Są to od najstarszych: Salétien, Amirien, Tensiftien, Soltanien, Rharbien (postglacial) (Coque 1977, Carte Géologique du Maroc 1989).

Obszar między podnóżem Jebel Bani a Ouedem Dra zajęty jest przez napływowe utwory piaszczysto-żwirowe oraz ruchome piaski występujące w rejonie: Erg el M'hazil, Erg Abilia i Erg Souar.

Omawiany obszar badań w rejonie Jebel Bani położony jest w klimacie wybitnie suchym. Średnia suma opadów rocznych z wielolecia dla stacji meteorologicznej w Zagorze wynosi od 40,7 mm (Capot-Rey 1953b – na podstawie okresu 1931–1945) do 59,7 mm (Dubief 1963), natomiast dla położonej najbliższej badanego obszaru stacji Tagounite, średnia suma opadów rocznych wynosi 52,9 mm (Rapp. hydrologique



Ryc. 1. Struktura i typologia koryta Ouedu el Mut.

A – Profil podłużny koryta: I – wychodnie skalne, II – koryto skalne z łachami rumowiskowymi, III – koryto wcięte w grubofrakcyjnym rumowisku rzecznym, IV – koryto w obrębie stożka napływowego, B – budowa geologiczna: a – formacja de Rouid-Aïssa, piaskowce szarofioletowe i zielone oraz różowe piaskowce kwarcytyczne, b – formacja górna du Ktaoua, szarzielone kruche iły słabo piaskowcowe, c – formacja dolna Jebel Bani II, pastelowe piaskowce i piaskowce kwarcytyczne, d – formacja górna Jebel Bani II, piaskowce z ziarnami różnej wielkości oraz piaskowce kwarcytyczne z konglomeratami, e – utwory poziomów teras akumulacyjnych lub utwardzonych glaciis przeważnie lokalnie nadbudowane stożkami napływowymi, C – spadek koryta, D – szerokość koryta, E – liczba progów skalnych na 1 km,

F – liczba podcięć na 1 km, G – liczba łach na 1 km, H – powierzchnia łach w m² na 1 km, I – frakcja maksymalna w cm, J – imbrykacja maksymalnych otoczków w cm, K – liczba granic, L – typy koryta, M – podtypy koryta.

sur la région de l'Oued Dra 1969 – na podstawie okresu 1932–1967). Ogólnie na przedpolu Atlasu średnie opady roczne wynoszą od 35 do 100 mm (Przybyłek 1993). Potencjalne parowanie roczne w badanym obszarze wynosi około 3000 mm. Największe średnie wieloletnie sumy miesięczne opadów atmosferycznych na stacji w Zagorze dochodzą do 11,8 mm i występują od września do grudnia. Według Capot-Rey'a (1953b) opady dobowe powyżej 30 mm mogą występować jesienią i zimą. Są one zwykle gwałtowne i mogą przekraczać jednorazowo wielkość średniego opadu rocznego. Z geomorfologicznego punktu widzenia opady te są najistotniejsze, powodują bowiem powstawanie lokalnych rzek epizodycznych, które gwałtownie przekształcają swoje koryta. Według Roche'a (1973) w latach 1901–1967 bardzo wysokie przepływy Saoury na przedpolu Atlasu wystąpiły 40 razy, a więc średnio co 1,7 roku. W wieloleciu 1901–1950 czas przepływu w ouedach Guir i Saoura na przedpolu Atlasu wynosił średnio 13,5 dnia w ciągu roku (Dubief 1963). Na podstawie porównań świeżości form korytowych w Ouedzie Dra w rejonie Mhamid, a więc na przedpolu Atlasu, i form w Ouedzie el Mut można wnioskować, że ouedy w rejonie Jebel Bani prowadzą wody znacznie rzadziej, może raz na kilka lat. Można zatem wnioskować, że tylko wtedy są one przemodelowywane, podobnie jak w innych sąsiednich obszarach (Bousnina 1977, Przybyłek 1993, Dłużewski i in. 2000).

Według Ambroggio i Chouberta (1952) woda rzadko pojawia się w Ouedzie Dra w rejonie Mhamid, zdecydowanie rzadziej w rejonie dawnego jeziora Iriqui, ze względu na duże parowanie, irygację w wyżej położonych odcinkach doliny i infiltrację w dnie ouedu.

Metody badań

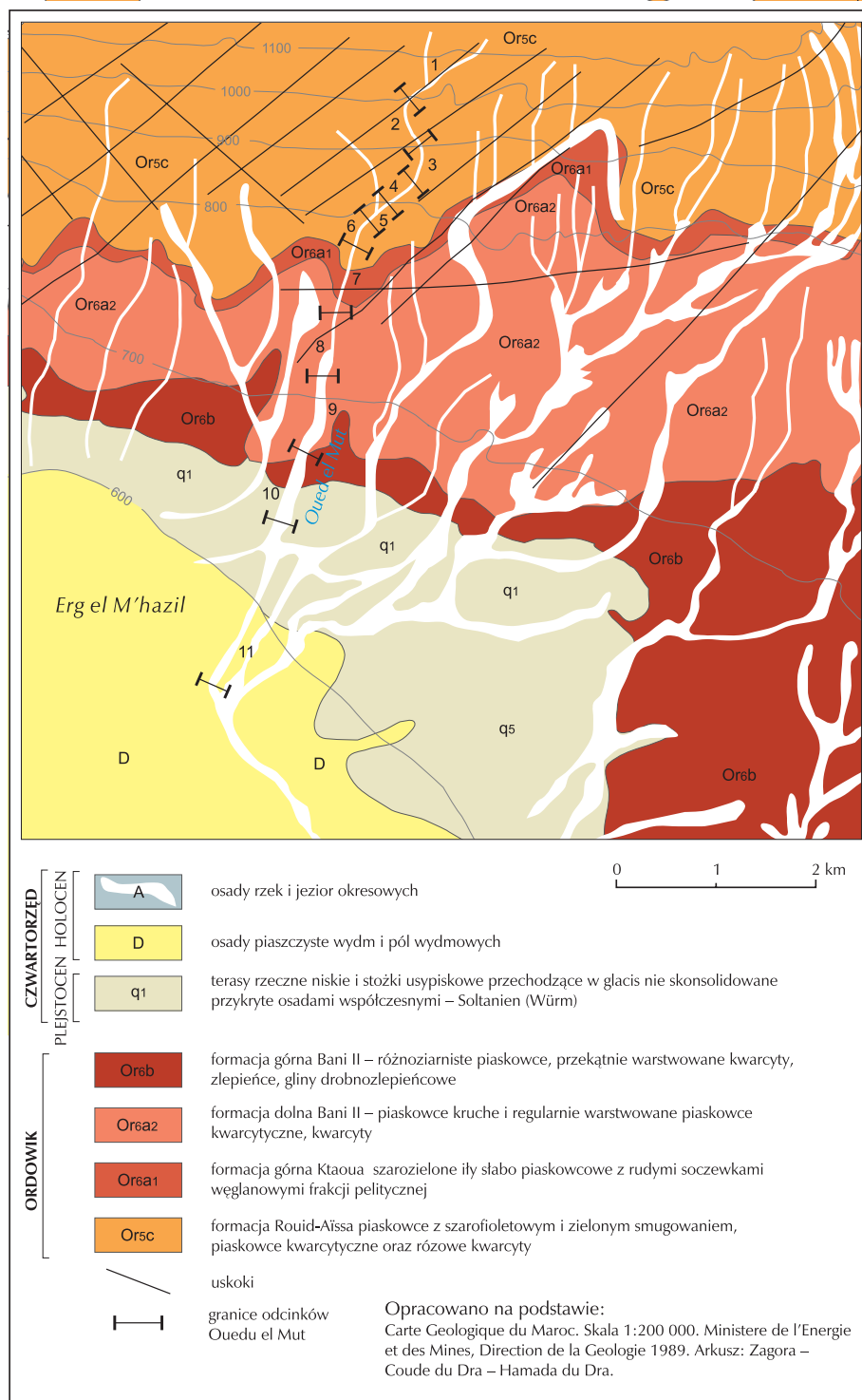
Badania terenowe w rejonie Jebel Bani zostały przeprowadzone w marcu 2001 r. i w lutym 2005 r. Do szczegółowych badań struktury koryta Ouedu el Mut zastosowano metodę kartowania koryt w oparciu o specjalny raptularz i instrukcję (Kamykowska i in. 1999). Metoda ta została wypracowana w różnych obszarach górskich, szczególnie w Karpatach. W jednorodny sposób skartowano cały system korytowy Ouedu el Mut.

Na podstawie przebiegu koryta w planie i charakterystyki form korytowych wyznaczono podstawowe odcinki koryta, które następnie poddano szczegółowej analizie. Charakterystyka koryta w tych odcinkach polegała na określeniu: cech jakościowych i ilościowych koryta, form erozyjnych i akumulacyjnych, rodzaju rumowiska oraz stopnia zabudowy koryta. Wszystkie pomiary wykonano kiedy w korycie nie było świeżych śladów spływu wody. Dzięki założeniu obozu na przedpolu Jebel Bani, w terenie przemieszczano się pieszo. Łącznie skartowano i scharakteryzowano 11 odcinków koryta Oued el Mut o całkowitej długości 14 km (ryc. 1, 2). Koryto Ouedu el Feja badano w sposób przeglądowy poprzez badania patrolowe na całej jego długości, aby poznać główne prawidłowości jego wykształcenia oraz wykształcenia ouedów rozcinających północny skłon Jebel Bani. Badania te prowadzono przy użyciu samochodu. W opracowaniu wykorzystano mapy topograficzne 1:200 000, 1:250 000 oraz mapę geologiczną 1:200 000 (Carte Topographique du Maroc 1948, 1991, Carte Géologique du Maroc 1989).

Charakterystyka koryt

Badane koryto Ouedu el Mut jest bardzo zróżnicowane. Dotyczy to jego przebiegu w planie, profilu podłużnego, profilu poprzecznego oraz liczby i rozmiarów form (ryc. 1).

Przebieg koryta w odcinkach 1–10 łączy bardzo wyraźnie do wykształcenia samej doliny, której kręty przebieg związany jest ze strukturą podłoża. Natomiast koryto w odcinku 11. wycięte jest w obrębie rozległego stożka napływowego na przedpolu Jebel Bani. W pierwszych czterech odcinkach na wykształcenie koryta zasadniczy wpływ miała tektonika badanego obszaru. Przebieg koryta łączy bowiem do przebiegu spękań ciosowych i uskoku tektonicznych. Przebieg koryta w tych odcinkach można zatem określić jako zygzakowaty. W odcinkach 1–2 koryto zajmuje dno doliny wciętej do głębokości 10–15 m i o szerokości bardzo zróżnicowanej, wynoszącej 5–15 m, a lokalnie tylko 1–2 m. Dolina ta wycięta jest w grubolawicowych piaskowcach zapadających monoklinalnie na S. Jej zbocza są strome, w górnych odcinkach są przeważnie pionowe, a poniżej występuje stok usypiskowy o nachyleniu około 31°. Dno koryta stanowią przeważnie podłogi skalne o nachyleniu równym około 6–7° zgodnie ze spadkiem koryta. Podłogi skalne poprzedzielane są progami skalnymi o wysokości od 0,5 do 2,5 m, a lokalnie nawet do 3–4 m. Poniżej progów wycięte są kotły skalne o głębokości od 0,5 do 1,0 m, a lokalnie do 2–3 m.



Ryc. 2. Mapa geologiczna obszaru Oued El Mut.

W odcinkach 3–4 koryto ma przebieg prostoliniowy lub kręty. Dolina jest tu słabo wykształcona. Koryto wycięte jest w uszczelinionych piaskowcach kwarcytowych i kwarcytach zapadających monoklinalnie na S. Analizowane koryto rozcina w niewielkim stopniu pochyłe wychodnie piaskowców, które budują południowy skłon Jebel Bani. W dolnej części odcinka 3. ma miejsce bifurkacja koryta w obrębie rozległego stożka napływowego. Podczas wezbrań epizodyczne wody mogą rozdzielać się na dwie części, zasilając ku wschodowi sąsiedni oued należący do systemu Ouedu el Mut. W odcinku 4. koryto wykształcone jest w rozległym obniżeniu na kontakcie odpornych piaskowców i mało odpornych ilów. W odcinkach niżej położonych (5–7) dolina wyraźnie się rozszerza, wycięta jest w mało odpornych utworach, a koryto w tych odcinkach jest roztokowe. W jego obrębie wzdłuż brzegów wyraźniejszych koryt rosną pojedyncze niewielkie drzewa i krzewy akacjowe. Poniżej, w odcinkach 8–10, koryto ma przebieg regularnie kręty. W końcowej części odcinka 9. koryto ma przebieg kręty, wycięte jest w litym podłożu. W jego obrębie znajdują się nieliczne strefy akumulacji materiału. W odcinku 10. dno koryta jest wyścielone grubym rumowiskiem. W odcinku 11. koryto ma przebieg roztokowy w obrębie rozległego stożka napływowego.

Profil podłużny koryta Ouedu el Mut jest niewyrównany: wypukło-wklęsło-wypukło-wklęsły (ryc. 1). Profil ten jest bardzo dobrze dowiązany do struktury podłoża. W górnym biegu (w odcinkach 1–3) koryto wycięte jest w litym podłożu zbudowanym z piaskowców formacji Rouid-Aïssa, w którym wypreparowane są liczne wysokie progi skalne. W czwartym odcinku profil koryta jest wklęsły, co wiąże się z występowaniem wychodni mało odpornych ilów formacji górnej Ktaoua. W odcinkach 5–6 koryto wycięte jest w ilach formacji górnej Ktaoua (ryc. 1). W odcinku 7. koryto wycięte jest w piaskowcach kwarcytowych formacji dolnej Bani II. W tym odcinku w korycie występują podłogi skalne o wysokości do 1 m na przemian ze strefami akumulacji rumowiska. Są to rozległe łachy rumowiskowe. Kolejny załom wypukły występuje w rejonie wychodni piaskowców o zróżnicowanej wielkości ziaren i piaskowców kwarcytowych z konglomeratami. W niżej położonych odcinkach 8–9 koryto wycięte jest w piaskowcach kwarcytowych, na przemian w litej skale i w rumowisku rzeczny. W odcinkach tych występują tylko nieliczne i niskie progi skalne o wysokości do 0,5 m i kotły skalne o głębokości od 0,5 do 1,2 m. Poniżej koryto wycięte jest już w rumowisku rzeczny. W odcinku 10. jest ono grubofrakcyjne, o wielkości materiału dochodzącej nawet do 1,0 m (średnio od 2 do 20 cm). W odcinku 11. wielkość materiału zdecydowanie maleje, początkowo do 10–20 cm, a następnie do 2–5 cm i do frakcji piaszczystej. W odcinkach 10–11 koryto jest ogólnie wyrównane, bez większych załomów.

Największe spadki, od 60‰ do 100‰, występują w trzech pierwszych odcinkach (ryc. 1). Ogólnie biorąc spadek nieregularnie maleje do 16‰ w końcu odcinka 7., a następnie rośnie w odcinku 8. do 30,8‰. W niżej położonych odcinkach spadek regularnie maleje do 1,4‰. Nie stwierdzono wyraźnego oddziaływania dopływów na wielkość spadku i kształt profilu podłużnego.

Profil poprzeczny koryta Oued el Mut zbliżony jest przeważnie do trapezowego, rzadziej do prostokątnego czy trójkątnego. Jedynie w odcinku roztokowym jest on nieregularny. Szerokość i głębokość badanego koryta są również bardzo zróżnicowane. W odcinkach skalnych jego średnia szerokość wynosi przeważnie od 4,5 do 15 m. Lokalnie jest ona ograniczona nawet do 1–2 m, natomiast w odcinkach aluwialnych jest znacznie większa. W odcinkach 5–7 szerokość koryta wynosi od 22 do 70 m, natomiast w odcinkach 10–11 wzrasta od 55 do ponad 100 m. Wysokość brzegów koryta Ouedu el Mut jest największa w odcinkach skalnych i wynosi od 1 do 11 m. Znaczne zróżnicowanie koryta w poszczególnych odcinkach może wpływać na warunki transportu rumowiska.

Łachy korytowe i podcięcia brzegowe najliczniej występują w odcinkach o przebiegu krętym, w środkowej części profilu podłużnego koryta (ryc. 1). Liczba łach na 1 km wzrasta dość regularnie z biegiem koryta, aż do odcinka 8. Następnie ich liczba maleje do przedpola Jebel Bani. W odcinku 11. trudno określić liczbę łach, ponieważ na rozległym stożku o bardzo małym spadku zaznaczają się liczne zanikające kanały spływu epizodycznych wód, a niewielkie deniwelacje uniemożliwiały policzenie i pomierzenie pojedynczych form – dlatego na ryc. 1 nie zaznaczono wyników. Ogólnie biorąc, powierzchnia depozycji materiału jest tu największa i może dochodzić do 100 tysięcy m²/km². Pod względem liczby łach odcinki 4–6 nie wyróżniają się, jednak rozmiary form w nich występujących są stosunkowo duże. W całym profilu podłużnym Ouedu el Mut zaznaczają się trzy strefy depozycji materiału przedzielone strefami erozji, czyli większego odprowadzania materiału klastycznego. Pierwsza strefa depozycji to odcinki 4–6, druga występuje w odcinkach 8–9 i trzecia na stożku napływowym w odcinku 11. Największa liczba podcięć związana jest z krętym przebiegiem koryta w odcinkach 5–9. Największa liczba podcięć/km występuje w odcinku 8. (ryc. 1).

Maksymalna frakcja rumowiska znacznie zmienia się z biegiem koryta (ryc. 1). W odcinkach 1–2 maksymalny wymiar materiału zmniejsza się z 1,38 do 0,89 m, a następnie rośnie w odcinku 3. do 1,36 m. W odcinkach 4–10 wymiar ten rośnie z 0,45 m do 0,81 m, co niewątpliwie związane jest ze wzrostem energii rzeki epizodycznej. W całym odcinku 10. dno koryta wyścielone jest grubofrakcyjnym rumowiskiem na całej jego szerokości. Materiał ten dostarczany jest okresowo z wyżej położonych odcinków, a lokalnie z otoczenia koryta. W wyżej położonych partiach, jedynie w odcinkach 5–6 dno koryta wyścielone jest na całej szerokości różnofrakcyjnym rumowiskiem. W materiale tym wycięte są koryta o głębokości od 0,5 do 2,5 m i bardzo zróżnicowanej szerokości dochodzącej lokalnie nawet do 100 m. W odcinku 11. maksymalna frakcja rumowiska fluwialnego wyraźnie ulega zmniejszeniu. Na początku tego odcinka dochodzi do 20 cm, a następnie zmniejsza się do kilku centymetrów i jest to głównie materiał piaszczysto – żwirowy.

Struktura koryta Ouedu el Mut

Po szczegółowej analizie cech koryta Ouedu el Mut, jego form i rumowiska korytowego, autorzy podjęli próbę poznania prawidłowości wykształcenia struktury koryta. W tym celu została przeprowadzona typologia odcinków koryta w oparciu o metodę analizy granic odcinków (Kaszowski, Krzemień 1999). Na podstawie cech ilościowych i jakościowych oraz rodzaju podłoża sporządzono zestawienie typologiczne dla podstawowych odcinków badanego koryta (ryc. 1). Następnie przeanalizowano tendencje wszystkich cech koryta i wykonano zestawienie liczby granic odcinków charakteryzujących się określoną tendencją. W dalszym etapie przeprowadzono ocenę ważności tych granic. Najczęściej powtarzające się granice uznano za granice typów koryta, a mniej liczne – podtypów (ryc. 1). W korytowym systemie fluwialnym Ouedu el Mut wydzielono 5 typów koryt. Oznaczono je literami od A do E. Typy te charakteryzują się określoną dominującą funkcją w całym systemie korytowym. Ponadto wydzielono 5 podtypów (a-e), różniących w niewielkim stopniu wydzielone typy odcinków koryta.

Typ A to typowe koryto modelowane epizodycznie przez erozję wgłębną. Wycięte jest w litym podłożu. Lokalnie jego dno zasypane jest grubofrakcyjnym rumowiskiem transportowanym podczas zdarzeń o bardzo dużym natężeniu lub dostarczanych ze zboczy doliny. Koryto jest przeważnie wcięte w dno głębokiej doliny typu gardzieli. W omawianym typie koryta wyróżniono dwa podtypy „a” i „b”. Koryto podtypu „a” jest szersze z dużą liczbą progów skalnych założonych głównie na ławicach skalnych. Lokalnie w środkowej części odcinka 1. w kotłach skalnych założonych na szczelinach występuje woda. Są to mało wydajne źródła dające odpływ na odcinkach kilkudziesięciometrowych. Źródła te służą jako miejsca poboru wody dla ludzi i wypasanych kóz. W pobliżu w korycie rosną filodendrony i jedna palma. Brzegi koryta tego podtypu na znacznych długościach zbudowane są z różnofrakcyjnego materiału. Przestrzenie między słabo obtoczonymi okruchami wypełnione są materiałem bardzo drobnym, a nawet pylistym. Całość sprawia wrażenie jakby materiał ten był transportowany niedawno jako spływ gruzowo-błotny. Po dokładnej obserwacji okazuje się, że jest on silnie scementowany. Koryto podtypu „b” jest węższe i głębiej wcięte, bardziej dopasowane do struktury podłoża tzn. w dnie głębokiej gardzieli i przy brzegach wszelkie strefy o mniejszej odporności są bardziej wyerodowane. Liczne są w tej części koryta przewieszki i podcięcia. Koryto jest w większym stopniu pozbawione rumowiska.

Typ B to odcinki koryta (3–4) bardzo płytko wcięte w podłoże, które stanowią monoklinalnie zapadające na S piaskowce kwarcytyczne i kwarcyty. Koryto tego typu wycięte jest w litej skale, występują tu przeważnie podłogi skalne. Jedynie lokalnie w odcinku 3. zaznacza się strefa akumulacji rumowiska. W tej części występuje rozcięty stożek napływowy, w którym koryto bifurkuje. Podczas zdarzeń o dużym natężeniu woda wraz z materiałem klastycznym odpływa częściowo do sąsiedniej doliny. Wskazują na to dobrze zaznaczające się w terenie ślady płynięcia wody i materiału.

Typ C reprezentują trzy odcinki koryta wycięte głównie w aluviach, w materiale stosunkowo drobnym (0,1–20 cm). Najwięcej drobnego materiału, nawet piaszczysto-żwirowego, występuje w dnie koryta w odcinku 5. Koryto wycięte jest w dnie szerokiej doliny w strefie występowania mało odpornych szarozielonych ilów. Jest ono roztokowe, o szerokości do 70 m, podlegające przekształceniom po rzadko występujących większych wezbraniach. Lokalnie na brzegach kanałów występują pojedyncze drzewa akacjowe i kolczaste krzewy, które je stabilizują. Koryto podtypu „c” jest szersze i typowo roztokowe. Koryto podtypu „d” jest wycięte w aluviach, lokalnie w litej skale. Występują tu stosunkowo liczne łachy rumowiskowe o niewielkich rozmiarach.

Koryto **typu D** ma przebieg kręty. Nawiązuje ono do krętego przebiegu doliny. Koryto wycięte jest w litej skale. Lokalnie jego dno jest rumowiskowe. Materiał ten zalega cienką warstwą na podłożu skalnym. Na zakolach występują podcięcia skalne o wysokości od 8 do 12 m, z których może być dostarczana do koryta zwietrzelina. W korycie podtypu „d” występują liczne łachy, których powierzchnia w odcinku 8 zajmuje nawet 18 tysięcy m²/km (ryc. 1). W obrębie odcinków z łachami występują pojedyncze niewielkie akacje. Dno koryta podtypu „e” wyścielone jest grubofrakcyjnym rumowiskiem rzeczonym. Skalne zbocza doliny mogą wskazywać na stosunkowo cienką warstwę aluwii w jego dnie.

Typ E reprezentuje odcinek 11. Koryto w tym odcinku jest roztokowe. Poszczególne kanały tego typu koryta słabo zaznaczają się w rozległej strefie o szerokości ponad 100 m. Frakcja materiału fluwialnego bardzo wyraźnie ulega zmniejszeniu od piaszczysto-żwirowo-głazowej do piaszczysto-żwirkowej, a w przedłużeniu odcinka 11. materiał ten przechodzi w piaszczysty. Strefy międzykanałowe porośnięte są kępami suchorostów. Im dalej na południe od Jebel Bani, tym roślinność krzaczasta gęściej pokrywa strefę rozległego stożka napływowego z licznymi kanałami koryta roztokowego. W obrębie tego typu koryta trudno wydzielić podtypy, ponieważ w profilu podłużnym nie zaznaczają się skokowe zmiany.

Ogólnie struktura koryta nawiązuje do rozwoju doliny rozcinającej zapoza kolejnych, coraz niżej położonych progów strukturalnych. Z tego powodu dojrzewanie koryta zachodzi równocześnie w kilku odcinkach, w nawiązaniu do lokalnej bazy erozyjnej.

Wykształcenie koryta Ouedu el Feija i koryt bocznych rozcinających Jebel Bani

Koryto Ouedu el Feija jest stosunkowo mało zróżnicowane. Na całej długości wycięte jest przeważnie w pokrywach głazowo-piaszczysto-żwirowych. Jego szerokość wynosi od kilku do kilkudziesięciu metrów. Jest płytko wcięte w podłoże. Lokalnie w pobliżu Zagory jego głębokość wzrasta do 3–4 m. Na znacznych odcinkach jest ono typu roztokowego. Dżiczenie koryta bardzo wyraźnie wzrasta na ostatnich 40 km, szczególnie od okolic Zagory do połączenia z Ouedem Dra. Koryto tego ouedu jest zbliżone do **typu E** w systemie korytowym Ouedu el Mut. Różnica polega jedynie na tym, że jest większe i głębiej wcięte. W profilu podłużnym ouedu frakcja materiału fluwialnego bardzo wyraźnie ulega zmniejszeniu od piaszczysto-żwirowo-głazowej do piaszczysto-żwirkowej. Strefy międzykanałowe porośnięte są kępami suchorostów. Koryto to na całej długości jest źródłem materiału eolicznego, nawet podczas stosunkowo niewielkich podmuchów wiatru. Podczas badań terenowych na całej długości obserwowano proces wywiewania materiału z koryta. Wywiewany materiał piaszczysto-pylasty akumulowany jest w samym korycie, a także na rozległym poziomie terasowym wieku Amirien (Mindel) koło Zagory, gdzie zaczynają się rozwijać barchany, od form inicjalnych po dobrze wykształcone. Rozmieszczenie tych barchanów i ich wykształcenie wskazuje na narastanie depozycji eolicznej w tej strefie.

Boczne ouedy rozcinające północny skłon Jebel Bani są krótkie, o długości ok. 1,5–3,0 km. Są wycięte na czole progu strukturalnego. Dopasowują się więc do odporności podłoża, tworząc zwężenia i rozszerzenia. Ich profile podłużne charakteryzują się dużą nieregularnością przebiegu i bardzo dużymi spadkami, od 133‰ do 200‰. Koryta wycięte są głównie w litym podłożu, a jedynie przy połączeniach z Ouedem el Feija utworzyły się u ich wylotu krótkie stożki napływowe, w których wycięte są płytkie koryta. Pod względem wykształcenia koryta te najbardziej podobne są do **typu A i B** w systemie Ouedu el Mut. Ich dna mają jednak większy spadek i są bardziej zasypane rumowiskiem. Podczas zdarzeń o dużym natężeniu woda wraz z materiałem klastycznym dopływa do Ouedu el Feija. Materiał grubofrakcyjny zostaje na stożkach napływowych, a do głównego koryta dociera przeważnie materiał piaszczysto-żwirowy.

Ouedy rozcinające północny skłon Jebel Bani w porównaniu ze skłonem południowym reprezentują koryta **typu A i B** i przechodzą bezpośrednio w Ouedzie el Feija w system koryta **typu E**.

Dynamika koryt

O dynamice koryta można wnioskować na podstawie jego ogólnego wykształcenia oraz na podstawie form korytowych i materiału, który podlega transportowi podczas wezbrań.

W profilu podłużnym koryta Ouedu el Mut występują odcinki skalne i aluwialne (ryc. 1). Do odcinka 9. koryto wycięte jest przeważnie w litym podłożu skalnym. Jedynie w odcinkach 5–6, a także 10–11 wycięte jest ono w aluviach. W odcinkach skalnych dno koryta stanowią podłogi skalne lub podłogi skalne z lokalnymi zwałowiskami rumowiska, które uległo depozycji w strefach rozszerzeń koryta lub poniżej głębokich kotłów skalnych. W odcinkach 7–9 podłogi skalne przedzielone są typowymi łachami rumowiskowymi o miąższości 1–1,2 m. Łachy te w odcinkach krętych występują przeważnie poniżej zakoli. Rumowisko korytowe zdeponowane na łachach składa się przeważnie z piaskowców kwarcytowych i różowych kwarcytów. W odcinkach aluwialnych występuje więcej materiału drobnego, szczególnie w odcinkach 5–6. W odcinkach tych znaczny procent rumowiska korytowego stanowią okruchy iłolupków i cienkoławicowych piaskowców pochodzenia lokalnego. Materiał ten szybko ulega eliminacji poprzez rozkruszanie i nie zaznacza się w rumowisku korytowym w odcinkach niżej położonych. W odcinku 10. dno koryta pokryte jest rumowiskiem wynoszonym z wyżej położonych odcinków. Na podstawie wykształcenia dna doliny i jej zboczy można sądzić, że rumowisko to może stanowić pokrywę o miąższości 2–2,5 m. Dopiero na przedpolu Jebel Bani, w odcinku 11, pokrywy te mogą mieć większą miąższość, a materiał fluwialny staje się coraz drobniejszy, tzn. od 1–20 cm na początku odcinka, do 1–5 cm w jego końcowej części.

Podczas badań terenowych w korycie Ouedu el Mut zwracano uwagę na wykształcenie łach rumowiskowych oraz na materiał wyraźnie zimbrykowany. Materiał ten jest dobrym wskaźnikiem warunków transportu podczas wezbrań i możliwości transportowych epizodycznej rzeki. Materiał zimbrykowany musiał być transportowany podczas ostatnich wysokich przepływów. Z pomiarów tych wynika, że podczas dużych wezbrań w korycie badanego ouedu może być przemieszczane rumowisko znacznych rozmiarów (ryc. 1). W odcinkach 1–4 materiał ten ma znaczne rozmiary, od 0,45 do 1,38 m. W odcinkach niżej położonych materiał ten zwiększa rozmiary aż do 0,81 m w odcinku 10, a następnie bardzo gwałtownie zmniejsza się, do rozmiaru poniżej 0,2 m na stożku napływowym w odcinku 11. Autorzy przypuszczają, że rumowisko takich rozmiarów transportowane jest rzadko i na niewielkie odległości. Świadczy o tym wykształcenie łach rumowiskowych i materiał na ich powierzchniach. Szansę na przebycie większych odległości mogą mieć otoczaki 15–25 cm. Badane koryto podlega największym przeobrażeniom głównie wskutek erozji wgłębnej, redepozycji i lokalnej erozji bocznej, tylko podczas wielkich wezbrań związanych z gwałtownymi opadami występującymi prawdopodobnie raz na kilkadziesiąt lat. Na podstawie badań terenowych można wnosić, że współczesne modelowanie koryta Ouedu el Mut jest bardzo zróżnicowane w profilu podłużnym. Ze względu na stosunkowo wysokie położenie grzbietu Jebel Bani i znaczne spadki koryta (100–30‰) w odcinkach 1–4, koryto to podlega prawdopodobnie częściej modelowaniu nawet podczas mniejszych wezbrań. Świadczy o tym obecność źródeł w odcinku 1., scementowane pokrywy budujące brzegi do około 1,0 m wysokości i bardzo długie odcinki koryta skalnego bez drobnego rumowiska korytowego. Całość tego segmentu kończy się aluwialnym odcinkiem typu C, gdzie występuje wyraźne koryto roztokowe. Wyrazistość form fluwialnych zmniejsza się wyraźnie pod koniec odcinka koryta typu C. Należy nadmienić, że pokrywy fluwialne scementowane w obrębie brzegów występują jedynie w odcinkach 1–2.

Według modelu S.A. Schumma (1977) system fluwialny można podzielić na trzy zróżnicowane funkcjonalnie strefy (subsystemy): strefę produkcji materii, strefę transferu (strefa tranzytowa) materii i strefę depozycji, gdzie na przedpolu wyżej położonego obszaru na stożku napływowym lub w obrębie delty ma miejsce akumulowanie materiału. Model ten możliwy jest do zastosowania w badanym terenie, w skali ogólnej. Górna część zlewni badanego ouedu jest na ogół strefą produkcji materiału, strefa w odcinkach 8–9 to strefa z dominującym przemieszczaniem rumowiska, a od odcinka 10. jest to strefa depozycji rumowiska. Analizując szczegółowiej badany system fluwialny należy zwrócić uwagę na jego większą złożoność. Ze względu na wykształcenie rzeźby badanego terenu i jego budowę geologiczną, można wyróżnić dwa główne człony. Pierwszy z nich, obejmujący odcinki 1–2, stanowi pierwszą strefę produkcji rumowiska fluwialnego, natomiast odcinek 3. to strefa częściowej depozycji materiału. Jednak odcinek 3., a także odcinek 4. można zaliczyć do strefy tranzytu materiału fluwialnego. Odcinek 5. to strefa depozycji rumowiska korytowego. Odcinek 6. to strefa dużej dostawy mało odpornego materiału zwietrzelinowego ze zboczy doliny. W niżej położonych odcinkach, aż do odcinka 8., przeważa tranzyt rumowiska. Występują tu, w obrębie podłóg skalnych, dobrze wykształcone łachy rumowiskowe, w większości zbudowane z drobnego materiału. Rumowisko o frakcji maksymalnej powyżej 0,6 m buduje przeważnie najwyżej położone w profilu poprzecznym łachy rumowiskowe, które są efektem największych zdarzeń. W odcinkach tych

zaznacza się względna regularność wykształcenia koryta, występują bowiem odcinki charakterystyczne dla koryt żwirowennych z wyraźnymi przegłębieniami i płyciznami, a więc typowy system “pools and riffles” (Leopold i in. 1964). W korycie tym przemieniały (riffles) odpowiadają łachom rumowiskowym, a płosa (pools) obniżeniom w obrębie koryta. W odcinkach 9–10 zaznacza się natomiast inna rzeźba. W obrębie dna koryta pojawiają się bowiem odcinki w miarę regularnie wykształcone, przedzielone strefą o większym nagromadzeniu rumowiska grubego o maksymalnej transportowanej frakcji. Strefy takie nazywane są w literaturze “channel steps” (Bowman 1977). Progi tego typu wykształcone są szczególnie w odcinku 10. Strefy większego nagromadzenia materiału grubego charakteryzują się większym spadkiem; są to strefy depozycji grubego materiału podczas kulminacji wezbrania. W strefie suchej zostały one dobrze poznane w odcinkach ujściowych ouedów dochodzących do Morza Martwego (Bowman 1977). Według D. Bowmana (1977) obecność tych progów (channel steps) jest wskaźnikiem dla koryta tranzytowego między górnym biegiem, gdzie w korycie dominuje materiał niewysortowany, i dolnym biegiem, gdzie materiał jest lepiej wysortowany. Obecność progów (rapids) jest więc mechanizmem samoregulującym rozkład materiału większych rozmiarów w korycie i jest wskaźnikiem początków sortowania rzecznoego.

Ogólnie koryto Ouedu el Mut podlega największym przeobrażeniom głównie wskutek erozji wgłębnej, o czym świadczą duże powierzchnie podłóg skalnych w jego profilu podłużnym. Erozja wgłębna zaznacza się szczególnie w początkowych odcinkach 1–4. Z odcinków tych wynoszone jest słabo obtoczone rumowisko i jest ono deponowane w odcinkach koryta typu C. Na podstawie wykształcenia dna można stwierdzić, że prawdopodobnie koryto to jest częściej modelowane niż koryto w odcinkach niżej położonych. Świadczą o tym podłogi skalne idealnie wyczyszczone z rumowiska korytowego. Wynoszony materiał jest z kolei deponowany chaotycznie w odcinkach niżej położonych.

W korycie typu C (odcinki 5–7) ma miejsce wytracanie energii epizodycznej rzeki w korycie roztokowym. Ponadto ma tu miejsce duża dostawa ze zboczy doliny mało odpornego materiału lokalnego. W odcinkach niżej położonych dochodzi do zapoczątkowania powstawania regularnych form korytowych, a więc i do zapoczątkowania sortowania materiału korytowego. W odcinku 11. następuje gwałtowne zmniejszanie się energii epizodycznej rzeki i stopniowe zmniejszanie się rumowiska korytowego. Pojedyncze formy fluwialne są tu słabo wykształcone, jedynie w rozległym stożku napływowym wycięte są płytkie koryta o słabo zaznaczających się granicach. Wskazuje to na rzadkie kształtowanie fluwialne tych powierzchni. Pod tym względem, zdecydowanie lepiej wykształcone są koryta większych ouedów położonych na wschód od Ouedu el Mut.

Ouedy rozcinające północny skłon Jebel Bani, podobnie jak ouedy skłonu południowego, w górnej części są prawdopodobnie częściej modelowane wskutek erozji wgłębnej, o czym świadczą znaczne powierzchnie podłóg skalnych w ich profilach podłużnych. Z koryt tych słabo obtoczone rumowisko wynoszone jest do Ouedu el Feija. Na podstawie wykształcenia dna tych koryt na skłonie północnym i południowym można stwierdzić, że prawdopodobnie są one częściej modelowane niż koryto Ouedu el Feija. Świadczą o tym podłogi skalne idealnie wyczyszczone z rumowiska korytowego. Wynoszony materiał jest z kolei deponowany chaotycznie na stożkach napływowych i w samym Ouedzie el Feija.

Wnioski

Struktura koryt rejonu Jebel Bani, zarówno na skłonie północnym jak i południowym, nawiązuje do głównych etapów rozwoju rzeźby badanego obszaru charakteryzującego się monoklinalnym ułożeniem skał podłoża. Rozcinanie zaproży progów strukturalnych i stref czołowych nawiązuje w bardzo dużym stopniu do uskoków tektonicznych i systemu spękań ciosowych oraz do litologii podłoża.

Występujące w profilu podłużnym Ouedu el Mut cztery główne człony morfodynamiczne nawiązują w dużym stopniu do ogólnego wykształcenia rzeźby i budowy geologicznej. Pierwszy człon związany jest głównie z erozyjnym rozcinaniem skalnego podłoża i wynoszeniem bardzo zróżnicowanego materiału do szerokiego dna doliny w drugim członie. W strefie tej następuje akumulacja grubego materiału oraz wynoszenie materiału stosunkowo drobnego do niżej położonych odcinków. W trzecim członie ma miejsce erozyjne rozcinanie podłoża i wynoszenie wyerodowanego materiału na przedpole Jebel Bani. W końcowej części odcinka 10. następuje akumulacja najgrubszego materiału, natomiast drobniejszy (poniżej 20 cm) wynoszony jest na bardziej odległe obszary przedpola tego grzbieta, do szerokiego obniżenia, w którym wykształcona jest dolina Dra.

Na skłonie północnym systemy ouedów są słabiej wykształcone i ograniczają się tylko do strefy erozji w obrębie skalnego podłoża i wynoszenia bardzo zróżnicowanego materiału klastycznego do dna Ouedu el Feija, skąd materiał stosunkowo rzadko wynoszony jest w niższe położenia, aż do Ouedu Dra. W strefie tej następuje bardziej selektywny transport stosunkowo drobnego materiału do niżej położonych odcinków.

Ogólnie biorąc, morfologiczna rola ouedów rozcinających skłony północny i południowy Jebel Bani jest zróżnicowana. Na podstawie wykształcenia koryt i śladów spływu wody można stwierdzić, że tylko z największych ouedów na skłonie południowym materiał jest wynoszony na dalsze przedpole Jebel Bani i jest w ich dnach lepiej wysortowany. Na skłonie północnym materiał klastyczny deponowany jest w Ouedzie el Feija. Na stożkach napływowych w przedłużeniu mniejszych ouedów oraz w obrębie dużych ouedów zaznacza się działalność eoliczna. Działalność wiatru powoduje jednak w niewielkim stopniu zacieranie wyrazistości form fluwialnych. W długim okresie rola procesów fluwialnych w wynoszeniu materiału na przedpole Jebel Bani jest bardzo zróżnicowana. Świadczą o tym rozmiary powierzchni stożków napływowych z różnych okresów. Na podstawie mapy geologicznej można wnosić, że największa rola procesów fluwialnych w kształtowaniu tego obszaru miała miejsce w okresie pluwialnym Tensiftien (Riss). W najbliższej okolicy badanego ouedu największe powierzchnie stożków napływowych zachowały się z okresu holocenu i czasów współczesnych. Współcześnie, morfologiczna rola ouedów rozcinających Jebel Bani związana jest z erozyjnym modelowaniem ich koryt wskutek wynoszenia produktów erozji na przedpole Jebel Bani podczas rzadko występujących wezbrań. Na podstawie zachowania form fluwialnych można wnosić, że zdarzenia te występują średnio raz na kilkanaście lat, a jedynie w górnym odcinku badanego Ouedu el Mut i ouedów na skłonie północnym zdarzenia te mogą występować nieco częściej.

Literatura

- Ambroggi R., Choubert G., 1952, *Anti-Atlas et Valée du Dra*, [w:] A. Robaux (red.), Hydrogéologie du Maroc. Notes et Mémoires N 97, Rabat.
- Bousnina A., 1977, *Les précipitations pluvieuses dans le sud est Tunisien*. Mémoire de C.A.R. Faculté des Lettres, Tunis.
- Bowman D., 1977, *Stepped – bed morphology in arid gravelly channels*. Geological Society of America Bulletin, vol. 88.
- Capot-Rey R., 1953b, *Le Sahara Français*. Paris.
- Carte Géologique du Maroc*. Skala 1 : 200 000. Ministère de l'Energie et des Mines. Direction de la Géologie, Rabat 1989. Arkusz: Zagora – Coude du Dra – Hamada du Dra.
- Carte Topographique du Maroc*. Skala 1 : 200 000, Institut Géographique National – l'Annexe du Maroc, Rabat 1948 (na podstawie pomiarów z 1932 roku). Arkusz Coude du Dra.
- Carte Topographique du Maroc*. Skala 1 : 250 000. Direction de la Conservation, Foncière et des Travaux Topographiques, Division de la Cartographie, Rabat 1991. Arkusz Masmuda.
- Carte Topographique du Maroc*. Skala 1 : 250 000. Direction de la Conservation, Foncière et des Travaux Topographiques, Division de la Cartographie, Rabat 1991. Arkusz Tissint.
- Coque R., 1977, *Géomorphologie*. Armand Colin, Paris.
- Dłużewski M., Dziurzyński T., Smolska E., 2000, *Współczesne modelowanie koryt rzek okresowych w południowej Tunezji na przykładzie Ouedu Gabès*, [w:] Stacjonari ta Eksperymentalni Dostidżenija Sydacznego Relfoutworienija, Lwiv.
- Dubief J., 1963, *Contribution au problème des changements du climat survenus au cours de la période couverte par les observations météorologiques faites dans le Nord de l'Afrique*. Arid Zone Res., 20.
- Kamykowska M., Kaszowski L., Krzemień K., 1999, *River channel mapping instruction, Key to the river bed description*, [w:] K. Krzemień (red.), River channels, Pattern, structure and dynamics, Prace Geogr. IGUJ, 104.
- Kaszowski L., Krzemień K., 1999, *Mountain river channel classification systems*, [w:] K. Krzemień (red.), River channels – pattern, structure and dynamics, Prace Geogr., IGUJ, 104.

- Leopold L. B., Wolman M. G., Miller J. P., 1964, *Fluvial processes in geomorphology*, San Francisco.
- Przybyłek J., 1993, *Hydrogeologia Sahary w rejonie masywu Eglab (Algierska Sahara Zachodnia)*. Wyd. Naukowe UAM, Poznań.
- Rapport hydrologique sur la région de l'Oued Dra*, 1969: Min. Trav. Publiques, Rabat.
- Roche M. A., 1973, *Hydrogéologie de la Haute Saoura (Sahara nord – occidental)*. Publ. du Serv. géol. de l'Algérie, Alger.
- Schumm S. A., 1977, *The fluvial system*. John Wiley & Sons, New York.