

5 . 農地保全技術マニュアル

—土地の生産力を維持・回復する—



5．農地保全技術マニュアル

第1章 総説	5- 1
1.1 背景	5- 1
1.2 目的	5- 1
 第2章 サヘル地域のミレット栽培地土壌の特色	5- 4
2.1 サヘル地域の土壌の特色	5- 4
2.1.1 土壌の起源	5- 4
2.1.2 土壌の物理性	5- 5
2.1.3 土壌の化学性	5- 9
2.2 土壌侵食と土壌劣化	5-10
2.2.1 水食	5-10
2.2.2 風食	5-13
 第3章 農地保全法	5-15
3.1 農地保全の物理・化学的方法論	5-15
3.1.1 水食の防止と浸透促進	5-15
3.1.2 風食の防止	5-20
3.1.3 有機分の役割	5-21
3.1.4 化学肥料の有効性	5-22
3.1.5 植生保全の意味	5-22
3.2 サヘルにおける農地保全法	5-23
3.2.1 農地保全法の歴史的変遷	5-23
3.2.2 地形に応じた工法の選択	5-25
3.2.3 農地の保全法	5-26
3.2.4 台地や急斜面の保全	5-31
3.2.5 リルやガリの補修	5-33
 第4章 農地保全活動	5-35
4.1 現地調査	5-35
4.1.1 目的	5-35
4.1.2 調査項目	5-35
4.2 農地保全計画	5-39
4.2.1 啓蒙・指導計画	5-39
4.2.2 保全対策実施計画	5-39

第5章 農地保全活動の事例	5-44
5.1 ストーンライン及び石畦	5-44
5.1.1 溜池への土砂流入抑止と植生回復 (ニジェール国・マゲー村エダ沼周辺)	5-44
5.1.2 裸地化が進んだ草地の植生回復 (ブルキナファソ国・ヤクタ村)	5-47
5.1.3 丘陵地から農地への流出水抑制対策 (マリ国・セゲー地方5ヶ村)	5-52
5.2 リル・ガリ対策	5-56
5.2.1 土嚢を用いたリルの成長抑制対策 (ニジェール国・マゲー村)	5-56
5.2.2 生垣とストーンラインを用いたリルの回復 (マリ国・セゲー地方5ヶ村)	5-57
5.2.3 フトン簗によるガリ対策 (ニジェール国・マゲー村)	5-59
5.3 Water Harvesting	5-60
5.3.1 半月工法	5-60
5.3.2 ザイ	5-61
5.4 耕作地内の農地保全対策	5-62

第1章 総説

1.1 背景

サヘル地域は現在でも世界的に見れば極めて人口密度の低い地域である。これはサヘル地域の風土が人間の生存にとって極めて厳しい環境であることに起因する。サヘル地域の農業体系は「粗放的」な農業システムに立脚してきた。粗放的というのは言い換えれば「収奪的」である。このシステムが生産的であり得たのは、自然資源に対し圧倒的に人口が少なかったためである。つまり自然資源の再生産が人間の需要を上回っていた。

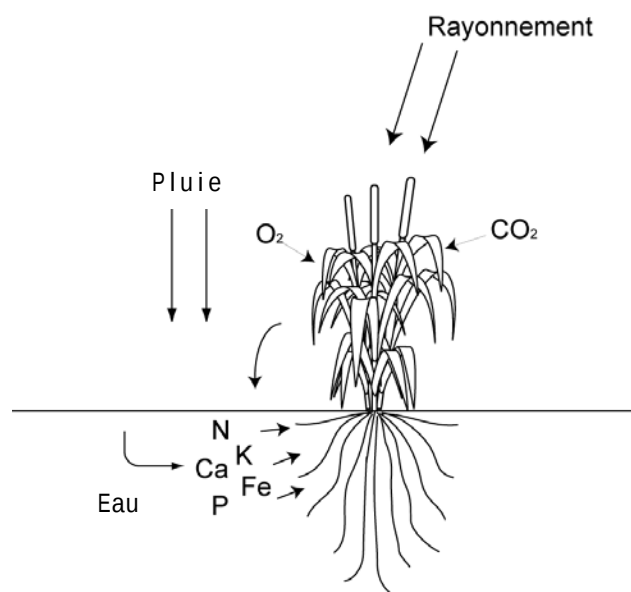
自然資源の基礎となっているのは土壌である。土壌は降雨の貯水域であり、植物の生育の母体であり、栄養の再循環の基盤である。自然の再生産は例えば降雨量や日射により年ごとに異なる。土壌がある程度豊かであれば、多少の変動は緩和され、降雨が豊かであれば安定した収穫が得られる。しかし、土壌が劣化し、流亡することは資源の再生産の許容量そのものが小さくなることを意味する。こうなれば降雨が少なれば収量は皆無に等しく、たとえ降雨が十分であっても栄養が不足して自然は再生産の余力を持たない。砂漠化とは、このような自然の許容量の低下を指す。サヘル地域では過去30～40年の間に急速に増加した人口が、この地域での自然資源とのバランスを破壊してしまった。もはやサヘルでは粗放的な農業の成り立つ余地はない。資源も土壌も有限である。土壌を管理し、保全することなしにはサヘルに明るい未来はない。

農地保全の原理は極めて単純明快である。ただし、保全の効果は長期的であり、すぐに目に確かなものではない。そのため地道な努力を要する。過去の砂漠化防止プロジェクトには必ず土壌保全が主題として唱われてきた。その多くは土壌保全に対する住民の関心と労働を喚起するために Food for Work などの援助手段を用いてきた。しかしこのような方法では、農民は食糧獲得を動機として活動するため、自分達の農地で生じている現象と農地保全の必要性を必ずしも正確に把握できず、その効果は一時的なものに留まってしまうという問題が生じた。近年の傾向として、農地保全は無償の住民参加型に移行しつつあり、農民自らの熱意によって取り組みを行うことが、ますます重要になっている。

1.2 目的

農地保全は分かりやすく言えば、土と水を保全することである。植物の生育に必要な要素は、水分、日射の他に窒素、リン酸、カリなどの栄養素、そして鉄やマグネシウムなどの微量元素である。水分と日射は雨と太陽が供給するが、それ以外の物質は植物が基本的に土壌から摂取するものである。これを簡単に示したのが以下の図 1.2.1 である。植物は空気中の二酸化炭素と根から吸収した水分を、日射のもとで光合成を行うことにより糖を作り出す。糖は植物のエネルギーの源である。しかし糖だけで生長することは不可能である。窒素やリン酸、そして微量元素は、植物の構造を作ったり、生理活動を維持したりするために不可欠である。

図 1 . 2 . 1 植物の生長と降雨、栄養の循環



水分の保全是、光合成という植物の生理活動と根による栄養分の吸収を最低限保証するものである。水分を保全するためにはどうしたら良いのであろうか。それは降った雨を可能な限り土に浸透させ、表面流出による損失を少なくすることである。サヘル地域の雨は極めて短時間の間に高い強度で降る。そのため地表に落ちた雨は全てが土中に染み込まず、表面流出となって失われてしまう。

例えば極めて表面の固いグラシを考えよう。500mm の降雨がその地域に降ったのに対し 200mm が表面流出として失われてしまうならば、サヘル地域の北端ほどの生産力しか期待することができない。ただしここに保全工法を行い、100mm が余分に浸透するようにすれば、このグラシの潜在的生産性は向上する。

土の保全是作物生産の許容度の維持につながる。最も効率的な農地管理は農地内の栄養の循環を高めることである。このためには栄養分の損失を少なくしなくてはならない。サヘルの土壌は特に表層部分に栄養の蓄積が多い。逆に下層は貧栄養である。

例えば農地の表面が 1mm 削られたとする。これは目には全く些細なことである。しかしこれが 1ha の農地全体で起きたならば、総量 10m³ の表土が失われることになる。果たして荷車で 10m³ の土を畑に運び戻すには何往復しなければならないのであろうか。決して容易な仕事ではない。農地保全是畑の各所で 1mm の土が削られないよう工夫する手段である。これは 10m³ の土を毎年運ぶよりも結果的には容易な作業である。そして適正な保全がなされれば、裸地に表土を取り戻すことも可能である。

このマニュアルは、地域住民による土壌浸食防止/農地保全対策の推進を図るため、こうした活動を支援する技術者が参考書として利用されることを目的としている。なお、必ずしもこの分野を専門としない技術者がこれらの活動を支援することも想定してなるべく平易な記述により、この地域の食糧生産の基盤であるミレット畑の保全に重点を置いて、まず土壌の役割と劣化の機構に関する説明し、さらに各種の保全工法の特徴を紹

介している。また、地域住民が自らの農地で生じている土壌浸食や劣化の現象を認識し、農地保全/土壌侵食対策の重要性を理解して、自主的な活動を展開するための仕組みづくりと具体的な対策と実施方法を立案し、持続的な農畜産業の生産基盤を自らの努力によって確立するための支援活動に関して、JGRC によるニジェール、ブルキナ・ファソ、マリでの実施例を紹介する。

第2章 サヘル地域のミレット栽培地土壌の特色

2.1 サヘル地域の土壌の特色

2.1.1 土壌の起源

サヘル地域のミレット栽培地である砂質土壌はこの地域が多雨で森林状態であったころの影響を残し、風化と溶脱の進んだ土壌である。結果として酸性度が高く、地表付近はK、Na、Mg、Caなどのミネラル（塩基性陽イオン）が少ない。粘土分はカオリナイトを主体とし、また有機分も少ないために、養分の保持容量が小さく、緩衝能力の低い土壌である。

図2.1.1.1 ニジェール南西部の代表的な地形単位

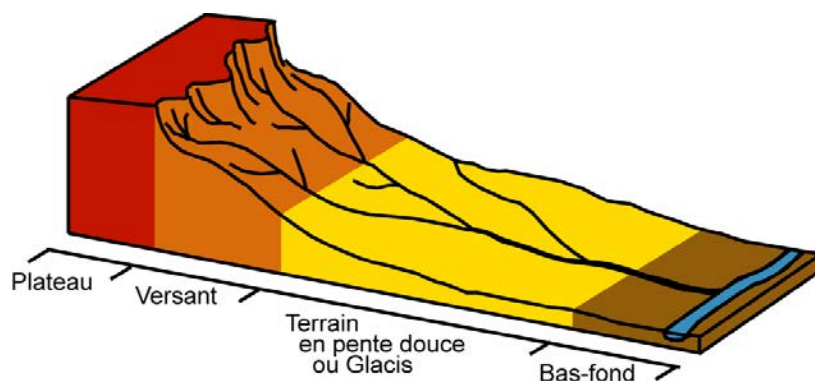
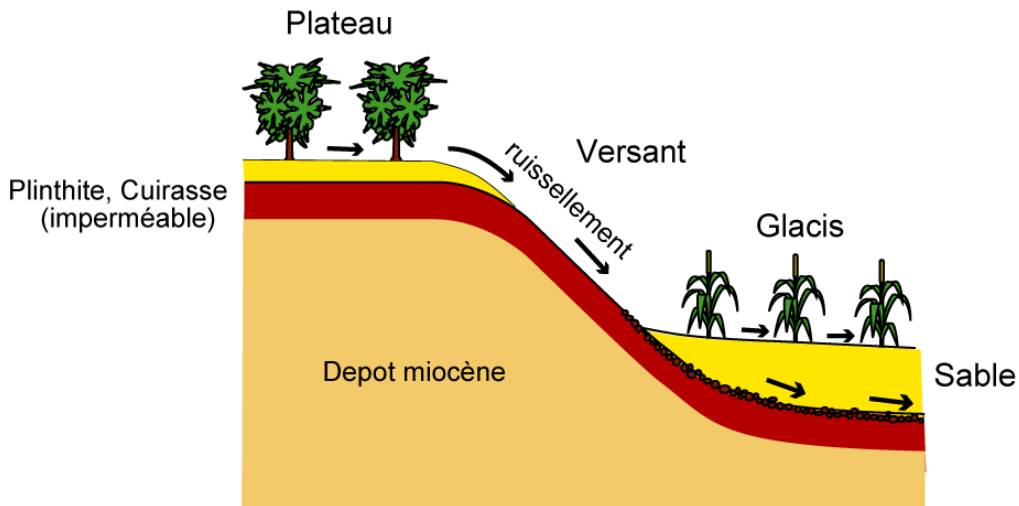


図 2.1.1.1 はニジェール南西部の代表的な地形単位を示している。これはブルキナ・ファソ北部やマリにも共通するものである。サヘル地域に見られる台地群はコンチネンタルターミナルと呼ばれる堆積層で、約2千5百万年前（中新世）の堆積物が主体である。コンチネンタルターミナルはニジェール川沿いでは標高220、240、260m付近に存在する。コンチネンタルターミナルの砂岩は鉄石層とともにこの地域の砂質土壌の母材であり、酸性で、カオリナイトと酸化鉄を含有している。

台地を覆っているプリンサイト層は後鮮新世から第4紀早期（約2百万年前）の多雨期に形成したものである。プリンサイトは厚さが20cm～1mに及び、連続的、またはブロック状、礫状に存在する。プリンサイトはラテライトとも呼ばれるが、ラテライトは鉄分の豊富な赤色土壌を指す用語としても用いられたため、その定義は曖昧である。そこで本文中では、この語は用いないこととする。プリンサイトは土壌の基盤をなし、不透水層、根の生長の制限層となっている。サヘル地域が湿潤であった時代に、土壌中の酸化鉄が溶脱し、ある深さで集積して形成されたものである。高温多湿の環境下で他の物質が風化とともに溶脱で失われる中で、相対的に鉄などの三二酸化物（sesoxide）の比率が増加することによって生じた。鉄石層は図2.1.2.2に示すように、台地から斜面を下って低平部まで連続していることもあり、この場合不透水層として中間流の流路となる。

図 2 . 1 . 1 . 2 地形単位におけるプリンサイトの位置



台地の縁から谷に向かって堆積している砂質土壌は、その厚さが数 m に及ぶ。砂質土壌はコンチネンタルターミナルや鉄石層の風化生成物が侵食され、水送される過程で粘土分や酸化鉄などの接着物質を減じ、風によって巻き上げられて約 2 万年から 4 万年前に堆積したと考えられている。一般に粘土分や酸化鉄の含有量が少ないもののほど色は赤味が薄く、黄色がかっている。一方、Dallol と呼ばれる地層は、化石渓谷の河川に粗粒の砂が堆積し伏流化したもので、その起源は一千年以内であるという。

2 . 1 . 2 土壌の物理性

1) 粒径分布、透水性、保水性

ミレットの栽培地は元来透水性の良い砂質土壌に立地している。それは地形的には渓谷の緩斜面から平原部である。ここには通常砂質の土壌が数 m の厚さで堆積している。砂質土壌は主に Alfisol、Ultisol (USDA Taxonomy: アメリカ合衆国農務省による土壌粒径分類) Sol ferrigineux lessivé に属する。土壌表層の粘土分は通常 10% 以下で、粘土とシルト分を合わせても 20% に満たないことが多い。その他は細砂や粗砂が占める。侵食を受けていない地表面は粘土の含有率が低く、透水性は良好である。Alfisol は浸透水とともに下方移動した粘土が数十 cm 下に集積し、粘土集積層 (Argilic Horizon、Horizon Argileux) を形成することが特徴である。Ultisol は Alfisol より塩基飽和度 (Saturation en bases) が低いことが分類の基準となっている。粘土分が少なく、透水性が高い土壌では溶脱が進み、塩基飽和度が低くなっている。Ultisol には Alfisol のように明確な粘土集積層が見られない場合が多い。

表 2.1.2.1 にマグー試験圃場、砂丘部の土壌の粒径分布、表 2.1.2.2 に斜面地の Alfisol の土壌物理性の一例を示す。表 2.1.2.1 では、透水性のデータは示していないが、砂丘部の土壌は粘土分が少なく、透水性が高い。このような土壌では表面流出による降雨の損失が少ないが、保水力が弱いため、浸透した水分が下方浸透により損失しやすい。表 2.1.2.2 に示す斜面地は、表面流出により若干表土の侵食が進んでいる。土壌の密度や粘

土含有量は深さとともに増加する。Profil 1 では深さ 34cm で、Profil 2 では 67cm で透水性が著しく低下しており、これらが粘土集積層と考えられる。粘土分が増加すると若干保水力は向上するが、このような土壌では浸透が地表面に形成する土壌クラストにより制限されている場合が多い。また粘土集積層を有する土壌の場合、深刻な侵食にあって粘土集積層が露出した場合、恒常的に裸地化する恐れがある。

表 2 . 1 . 2 . 1 砂丘部の土壌粒径分布 (ニジェール国 マグ - 村)

Profondeur cm	Granulométrie			
	Sable gros %	Sable fin %	Silt %	Argile %
0-6	26.1	62.6	8.2	3.1
6-40	37.1	48.6	9.2	5.1
40-72	36.2	48.3	8.5	7.0
72-119	33.3	51.9	7.7	7.1

表 2 . 1 . 2 . 2 斜面地の Alfisol の土壌物理性の一例 (ニジェール国 マグ - 村)

Profondeur	Granulométrie				Densité	Permeabilité à saturation	Humidité			Retention Eau utile
	Sable gros	Sable fin	Silt	Argil e			pF 2.5	pF 3.0	pF 4.2	
cm	%	%	%	%	g/cm ⁻³	Mm/h	%	%	%	%
Profil 1										
0-21	21.4	64.0	9.7	5.0	1.62	62.3	5.8	5.1	3.1	2.7
21-34	21.7	58.9	10.4	9.0	1.58	73.4	8.8	8.1	5.8	3.0
34-52	22.0	57.9	9.4	10.7	1.61	25.4	13.1	11.5	7.0	6.1
52-79	19.7	57.6	10.1	12.6	1.61	48.2	12.2	10.9	7.3	4.8
79-102	18.8	57.6	10.1	13.5	1.64	24.9	11.4	10.3	7.3	4.1
102-135	22.8	52.6	11.7	12.9	1.72	0.4	13.8	11.9	7.4	6.4
135-	22.5	47.3	14.2	16.1	1.78	0.3	15.9	14.3	10.2	5.7
Profil 2										
0-10	25.7	62.1	8.5	3.8	1.56	127.4	6.3	5.2	2.2	4.0
10-42	22.2	59.6	12.1	6.2	1.49	122.0	6.7	5.8	3.3	3.4
42-67	21.0	59.7	12.2	7.2	1.58	58.0	9.9	8.7	5.5	4.3
67-92	21.7	56.0	13.0	9.3	1.71	16.9	10.8	9.5	6.0	4.7
92-125	21.3	60.3	9.6	8.8	1.72	6.1	16.7	14.6	9.3	7.4
125-	24.4	59.4	7.7	8.6	1.67	9.9	13.6	12.1	8.5	5.0

2) 土壌クラスト

土壌クラストは地表面に生成する薄い皮膜のことである。クラストは、高強度の降雨により団粒が破壊され、土壌表層の粒子が再配列を受けるとともに、分散した土壌微粒子が土壌表層の間隙を閉塞することによって生じる。クラストが生成すると、降雨の土壌中への浸透を著しく阻害し、表面流出が増加して土壌侵食を加速する。本来比較的透水性の良いサヘルの土壌で土壌侵食が進行する原因はクラストの生成による透水性の低下にある。

クラスト生成にはいくつかの過程が同時または連続的に起きている。図 2.1.2.1 にその模式を示す。

a) 浸潤

雨が降り始めると、表層の乾燥した土壤に急激な湿潤が起きて気泡が取り込まれ、圧力差で団粒が破壊される。サヘルの土壤は粘土分や有機物が少なく、土壤粒子の接着力が弱いので、雨滴の衝撃によっても簡単に土壤の分離が生じる。

b) 雨滴による衝撃

雨滴による衝撃で土壤表面はクレーター状になり粒子の再配列が生じる。

c) 構造クラストの生成

地表面に大きな土粒子が残される一方で、細かい粒子は飛散し、間隙水とともに浸透する過程で間隙が封鎖され、透水性の低い膜が形成される。これらを総じて構造クラストと呼ぶ。

d) 表面流出の生起

降雨がさらに続き、表面流出が生じると、地表面に残された粗粒子は流出によって運び去られ、下層の間隙が目詰まりした密な層が露出する。

e) 侵食クラストの生成

これは侵食クラスト (Erosional Crust) と呼ばれる。砂質土壤での厚さは 1mm 程度である。表層は間隙のない滑らかな様相を呈する。表面の粗度が低下するために、表面流出の速度が増加する。

f) 侵食クラストの強度の増加

侵食クラストは降雨ごとに緊密化し、強度を増す。

クラストの生成のしやすさは土壤粒子の安定性と降雨のエネルギーに大きく依存する。以下に影響因子を取り上げて説明する。

粘土含有量

土壤に粘土分が多い場合、団粒の接着力が増し、クラスト生成を抑制する。一般にクラストが生じやすい土壤は粘土分が 20% 以下の土壤と言われており、粘土分・シルト分が合わせて 10% 程度の土で最もクラストを生成しやすいと報告されている (Poesen, 1986)。サヘル地域の砂質土壤はこれに当てはまる。

有機分

有機分は粘土と同じく団粒の接着物質であるため、含有量が多いほど団粒が安定し、クラストは生成しにくい。

初期含水量

降雨開始時に土壌が乾燥していると、急速な浸潤により団粒の崩壊が起きやすい。土壌が湿潤な場合の方が安定性が高い。

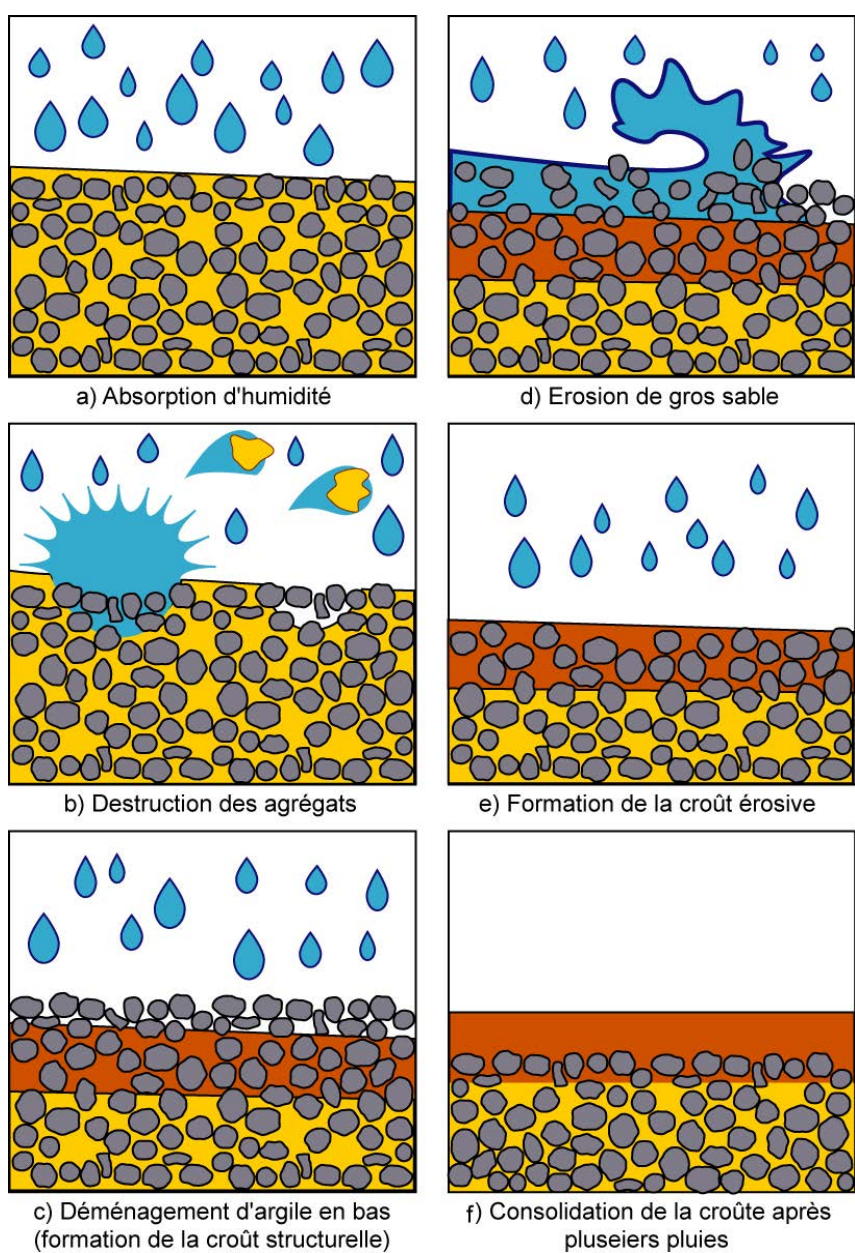
降雨強度

雨滴の衝撃エネルギーが大きいほどクラストは生成しやすい。降雨強度が強く、継続時間が長いほど、クラストが生成しやすい。

被覆

土壌表面が植生やマルチなどで被覆されている場合、雨滴の土壌粒子への衝突を緩和するため、クラストの生成を抑制する。

図 2 . 1 . 2 . 1 クラストの生成過程



2.1.3 土壌の化学性

1) 土壌組成と塩基性陽イオンの関係

砂質土壌の主成分は石英、カオリナイト（Kaolinite）、酸化鉄である。石英が粒子の骨格をなし、粘土鉱物のカオリナイトと酸化鉄により弱く接着されている。カオリナイトは粘土の中でも最も栄養分の吸着力（陽イオン交換容量（CEC））が低く、また含有量が少ないため、土壌の栄養保持力が低い。粘土とともに栄養分保持の役割を担うのは有機物であるが、これも通常の含有量は1%未満である。そのためK、Na、Mg、Caなどの水溶性、交換性の塩基性陽イオン（Bases exchangeables）は浸透水によって溶脱され易い。土壌は母材であるコンチネンタルターミナルも既に風化が進んだ堆積砂岩であるため、元来塩基性陽イオンが少なく、逆にアルミニウムや水素イオンが残留して酸性度が高い。土壌の酸性化の理由としては、母材が酸性であること、過去の多雨期における酸性化の進行、現在の天候下での塩基の溶脱などがあげられる。

台地などで砂質土壌がプリンサイトの上に薄く堆積しているところでは、土壌は強い酸性を示す。母材の酸性度が強く、また塩基の溶脱が進んでいるためである。

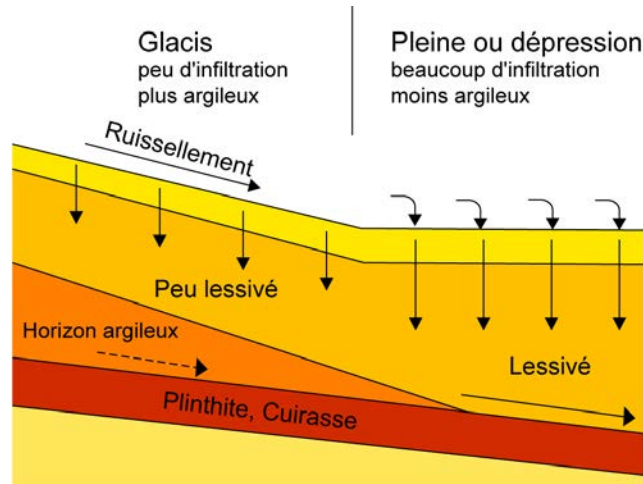
表 2.1.3.1 はマゲー試験圃場内の砂丘部とグラシの土壌の化学性を示している。砂丘部では粘土含有量が少ないため CEC も低い、透水性が良いため、塩基性陽イオンが溶脱を受け、CEC に占める塩基性陽イオンの存在量を示す塩基飽和度も、また低い値をとっている。一方グラシの土壌は粘土含有量が多いため CEC も砂丘に比べて大きい傾向にあり、また透水性が低く溶脱が起きにくいために塩基飽和度が高い。一般に塩基飽和度が低いほど、土壌は酸性を帯びやすい。

図 2.1.3.1 は斜面の部位による陽イオンの溶脱の模式を示している。表面流出率が高く、浸透が少ない斜面中部は粘土分が多く、陽イオンの溶脱が少ないのに対し、斜面の下端や窪地は流出が集中して浸透水が多く、溶脱が進行している。

表 2.1.3.1 砂丘部とグラシの土壌の化学性の比較（ニジェール国 マグ - 村）

Profondeur	Sable gros	Granulométrie Sable fin	Silt	Argile	pH	Matière Organique	CEC	Saturation en bases	Phosphore Assim.
Cm	%	%	%	%		%	meq/100g	%	ppm
<u>Dune, pente faible(2%)</u>									
0-6	26.1	62.6	8.2	3.1	6.0	0.27	1.59	38.4	2.42
6-40	37.1	48.6	9.2	5.1	5.8	0.26	1.33	34.6	2.31
40-72	36.2	48.3	8.5	7.0	5.6	0.20	1.41	47.5	-
72-119	33.3	51.9	7.7	7.1	5.8	0.12	1.18	34.7	-
<u>Glacis, pente forte (3-4%)</u>									
0-10	38.8	55.4	3.6	2.2	5.9	0.33	0.85	88.2	3.92
10-52	30.6	56.4	7.2	5.8	5.6	0.27	1.26	52.4	3.89
52-117	27.1	50.5	7.3	15.1	5.4	0.16	2.28	65.8	-
117-152	22.6	59.2	7.0	11.2	6.0	0.09	1.74	82.8	-

図 2 . 1 . 3 . 1 斜面の部位と溶脱の関係



土壌の酸性化が進み、pH が低い場合、交換性 Al と Mn の量が増加する。pH が 5 を下回る場合、これらの物質は植物に毒性を及ぼす水準となる。ミレットはニエベ（ササゲの一種）やピーナッツなどの豆科植物に比べて酸性への耐性は高いが、濃度が高い場合はミレット生育の制限要因になるとする報告がある（Chase et al., 1989）。植物体に高濃度の Al や Mn が吸収されることで生長に阻害が生じる。これは窪地などで浸透水が多く、溶脱が起きやすい地域で問題となっている。

2) 施肥の制限要因

窒素やリン酸の不足は、サヘル地域の農業生産の制限要因として、今や水分不足と同等か、それ以上に深刻な問題である。農民に経済的な余裕が生まれれば、化学肥料の施用により不足を緩和することができるが、土壌の化学性と関連して注意すべき点がある。例えば土壌中にアルミニウムや鉄分が多いと、リン酸肥料を与えても、これらと結合体を作りやすく、植物の利用できる可吸体のリン酸は少なくなる。リン酸肥料を有効に機能させるためには、堆肥など有機分の補充により、酸性度を緩和する必要がある。窒素肥料についても、硫酸アンモニウムなどは無機化の過程で土壌の酸性化を加速するため、施用は避けなければならない。

土壌の化学性と物理性は以上述べたように相互に影響しあっている。これらを考慮すると、砂丘部など、透水性が高く溶脱性の土壌では、施肥による栄養不足の緩和が課題である。一方粘土分が多く、透水性の低い土壌は、溶脱が起きりにくく、栄養分保持の容量も大きいですが、水分の確保が課題となる。

2 . 2 土壌侵食と土壌劣化

2 . 2 . 1 水食

1) 水食の原理

降雨の強度が土壌の浸透能を上回ると、その分は表面流出となって斜面を流下する。

表面流出が土壌を運び去る（侵食する）現象を水食という。水食は２つの過程からなる。土壌の剥離と輸送である。この過程に要するエネルギーは降雨と表面流出の双方から供給される。

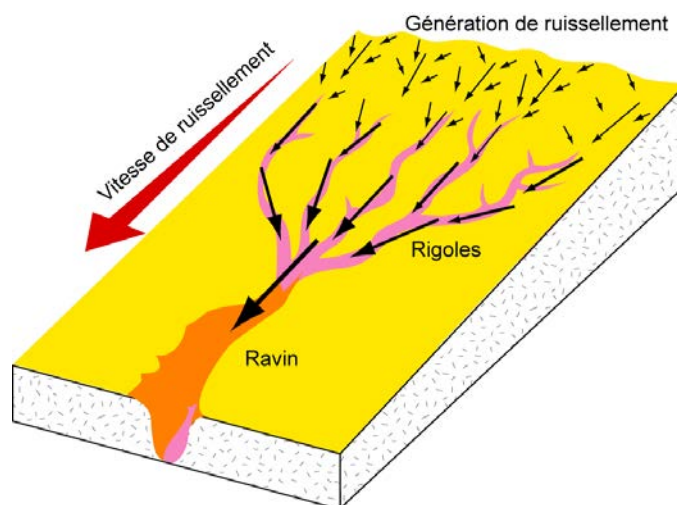
（１）土壌の剥離

土壌の剥離については土壌クラストの項で既に述べている。降雨のエネルギーにより団粒が破壊され、飛散した土壌は表面流出により運び去られる。また表面流出そのものが、土壌を表層からまき上げて剥離する。

（２）土壌の輸送

表面流出のエネルギーは流速に依存する。土壌粒子の移動が顕著になる流速は、土壌の種類によって異なるが、細かい粒子ほど流速が遅くても輸送され易い。斜面の傾斜は急なほど流速が上がるため、土壌の輸送力が増加する。傾斜の増加は指数的に土壌の侵食力を増大させる。斜面の長さが侵食に及ぼす影響は、傾斜と形状に支配される。輸送力は一般に斜面長の指数に比例して増加するとされている。

図 2 . 2 . 1 . 1 土壌侵食の進行過程



2) 侵食の形態

図 2.2.1.1 に侵食の進行過程を示す。降雨時に表面流出が生じると、最初は面的に斜面の下方への流下が起きるが、そのうち斜面中の相対的に低い箇所に集中して流路を形成する。このような流路をリル（rigole）と呼ぶ。リルを流れる表面流出は水深、流速が飛躍的に増し、土壌の剥離力と輸送力を増す。そのためリルは降雨毎に周りの土壌を侵食して拡大していく。さらに下流でリルが幾つか複合したものをガリ（ravin）と呼ぶ。ガリは耕起などによって復旧し得ないほど流路が深く侵食された状態を指し、両側が鋭く切れ立つ。下層土が脆く、崩れ易いところに発生し易い。ガリには侵食が急激に増加する落水箇所が存在し、これが次第に上流側に発達進行する。ガリ内の土壌侵食は地表面流やリルと比較して非常に大きい。

3) 土壌侵食の影響因子

土壌侵食への影響因子は USLE (Universal Soil Loss Equation) の式に最も端的に示されている。USLE はもともとアメリカ国内の土壌侵食量推定のため、全米各地で行われた膨大なプロット流出試験をもとに作成されたもので、リル、または複数のリルが結合した地表面の長期の土壌侵食傾向を求めるものである。現在では世界的にこの式が用いられている。式は以下のとおりである。

$$A = (0.224) RKLSCP$$

ここに、A：土壌流出量 (kg m^{-2})、R：降雨の侵食力係数、K：土壌被侵食度係数、L：斜面長係数、S：傾斜係数、C：耕作管理係数、P：侵食対策係数をあてはめる。

式に示されるように、土壌侵食量は様々な要因を表現する係数の積の形で表すことができる。すなわち、各係数を小さくするように努力することにより土壌侵食量を軽減することができる。以下にそれぞれの要因を簡単に説明する。

(1) 降雨の侵食力係数 R

降雨の侵食力係数は降雨の二つの特性の関数として与えられる。降雨の運動エネルギーと降雨強度である。降雨の運動エネルギーは雨滴径に依存する。一般的に降雨強度が大きいほど雨滴の径が大きくなり、運動エネルギーが大きくなる。すなわち、降雨強度が強いほど R は大きな値となる。これについては人が操作することは不可能である。

(2) 土壌の被侵食係数 K

土壌の被侵食係数 K について支配的な要素はシルト (0.002 ~ 0.05mm) と細砂 (0.05 ~ 0.1mm) が土壌中に占める割合である。また有機物含有量、土壌構造、透水性なども影響する。シルトと細砂が多く、有機物含有量が少なく、透水性が低いほど、K は大きくなる。人為的には有機物を投入して土壌団粒の安定性を高め、またクラストの発達程度を抑制して透水性を確保することにより、K の値を減少することができる。

(3) 斜面距離係数 L と傾斜係数 S

これらは独立の係数であるが、実際には 1 つの係数 LS として使われる。斜面距離とは表面流出の生起する原点から斜面の終わりまでの長さであり、傾斜は通常 % で表す。斜面距離が長いほど、そして傾斜が急なほど表面流出の流速は増加するので侵食力が大きくなる。例えばストーンラインなどの保全工法により、斜面距離を短く分断し、流速を落とすと、L の値は小さくなる。

(4) 耕作管理係数 C

耕作管理計数は特定の作物や地表面の被覆状態によって変化する係数で、作物体系や生長状態、耕期の長さ、耕起体系、残渣管理、地域が置かれた降雨分布上の位置などにより変化する。植物や残渣による地表面の被覆率が高いと、降雨が直接地表面に衝突することを防ぎ、係数が小さくなる。また被覆する期間が長いほど C の値は小さくなる。

(5) 侵食対策係数 P

侵食対策係数は等高線栽培、帯状作、テラス化など、通常の斜面上下方向栽培に対し侵食を抑制するための対策を行った場合の調整係数である。土壌侵食量は等高線栽培を行った場合は、傾斜 15%程度までは対策を行わないときの侵食量の 50～70%に減少し、テラス化を行った場合には、15%程度までに減少する。

これらを総合すると、土壌侵食量を軽減するには、

有機物などの投与により土壌の安定性を高め、クラストの発達を防いで土壌の透水性を高く保つ。

長い斜面では流速を低下させる構造物を構築することにより、流速を低下させる。また長期的にはテラス化により斜面の傾斜を緩和する。

土壌表面を作物やマルチングにより被覆し、裸地の状態を避ける。

ことが必要であることが明らかになっている。

2.2.2 風食

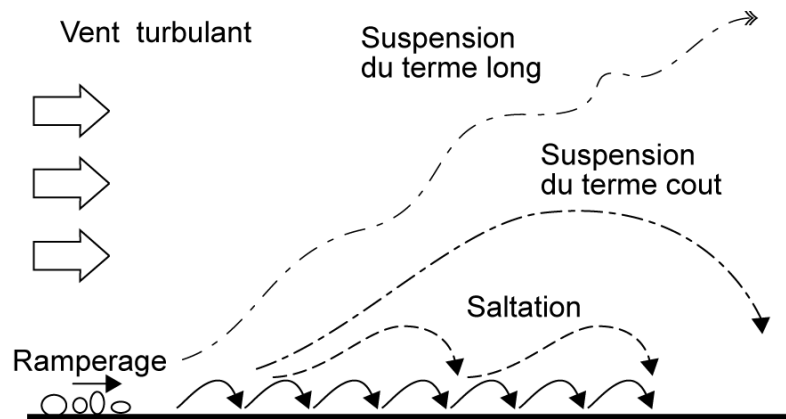
1) 風食の規模

土壌の水食は斜面の規模や傾斜、土壌条件により様々に異なり、またガリのような流路では計測が困難なため、具体的な数値の報告は少ない。一般に降雨の少ないサヘル北部地域では風食の被害が水食よりも深刻であると報告されている。北緯 14°～18°の地域では風食による侵食は 10～200t/ha/year、北緯 10°～14°の地域では 10～50t/ha/year 程度と推定されている (Lal, 1993)。これに対し、水食は 5～40t/ha 程度と推定されている。

2) 風食の原理

風食は水食と類似点がある。すなわち、侵食力が風の持つエネルギーに依存する点である。さらに分かり易く述べるならば、風食の最大の影響因子は地表面付近での風速である。風食による土壌粒子の移動は、図 2.2.2.1 に示すように 3 つの形態を持っている。これらは、サルテーション (Saltation)、クリープ (Creep)、サスペンション (Suspension) と呼ばれ、それぞれの移動形態の違いは土粒子の大きさと風速に依存している。

図 2 . 2 . 2 . 1 風食による土壌の移動形態



粘土やシルトのような微粒子（70 μ m 以下）は、輸送のためにおおきな運動エネルギーが必要でないため、地表面から巻き上げられると空気中に数時間から数日にわたって滞留（Suspension）して遠距離（200～1000km）を移動することが可能である。逆に粗砂（0.5mm 以上）のような大きな粒子は風速が強くても浮力を得られず、地表面を這うように移動するのみで、その範囲は数 m から数十 m に限定される。これをクリープ（Ramperage）という。サルテーションはこの中間の粒子の移動に関与し、風に巻き上げられた粒子は高さ 1m ほどに達し、重量のため再び降下して地表面との衝突を繰り返す。サルテーションによる移動は数百 m から数 km に及ぶ。最近の研究では、サルテーションが風食における土壌移動、栄養移動に支配的であると報告されている。

3）風食被害の時期と現象

風食による被害が生じるのは主に雨季である。降雨の前に吹き荒れる強い嵐がその原因となっている。風食は先に述べたように地表面付近の風速が大きいほど増加する。すなわち、平坦で裸地状態の土地は、風を遮るものがないため、極めて侵食を受けやすい。雨季初期のミレット畑などはその典型である。サルテーションによる土壌輸送は比較的近距离であるため、土壌は近隣の木立や草地、障害物など、表面の粗度が高く、風速が低下する部分に移動、堆積する。すなわち、裸地の圃場で風食が進む一方で、休閒地や草地などは土壌が堆積することになっている。風食は水食とは異なり、土壌が流水とともに絶対的に損失するわけではなく、分布が変化する点に留意する必要がある。

第3章 農地保全法

3.1 農地保全の物理・化学的方法論

前章で砂質土壌の特徴と水食や風食の生起要因を述べた。農地を保全するためには、これらをよく理解し、劣化が起こる方向と反対の行動を起こせば良い。この章ではそれらの行動原理を分かり易くまとめる。現在、サヘル地域では農地保全について様々な技術を組み合わせた取り組み（活動）の成功例がある。それらに習って行動を起こすのは一方法ではあるが、現象を良く理解し、その地域の資源と社会経済状況に合った方法を工夫することも大切である。

3.1.1 水食の防止と浸透促進

1) 表面流出の発生源で保全する

農地の保全を考えると、最も重要なことは、水食が発生する場所を特定することである。例えば、斜面の中腹に位置する畑では、その上部からの表面流出によって土壌侵食が起きていることが多い。このような場合、その畑の中で如何に努力して保全の試みを行っても、上から流れてくる膨大な量の表面流出を阻止することは難かしく、また、例えそれが可能であったとしても、維持管理に多大な努力を要する。地表にできた小さな溝を修復するのと、大きなガリを修復するのでは、必要な労働の投入量が大きく異なる。最も効率の良い保全は、表面流出が発生するその場所で保全を行うことである。

保全を行う前に、その地点の侵食の原因がどこに由来するかを十分把握する必要がある。基本的に農地保全は斜面の上方から始めて下流に展開するのがよい。上流側が保全されていれば、下流側の表面流出は減少するので、より小規模な保全で事足りるからである。しかしながら、実施にあたってはさまざまな制約が伴うことがあるため、その中で最も効率的な対策を考えなければならない。

2) 降雨の浸透を促す

表面流出の発生を防ぎ、作物に有効な土壌水分量を増加させるためには、土壌表層の透水性を高く保つことが最も有効である。このためには、土壌クラストの発達を防ぐことが重要である。そのためには、以下のような方法が挙げられる。

- クラストを破壊する
- 地表面を雨滴から保護する
- 地表面の粗砂を保全する

(1) クラストの破壊

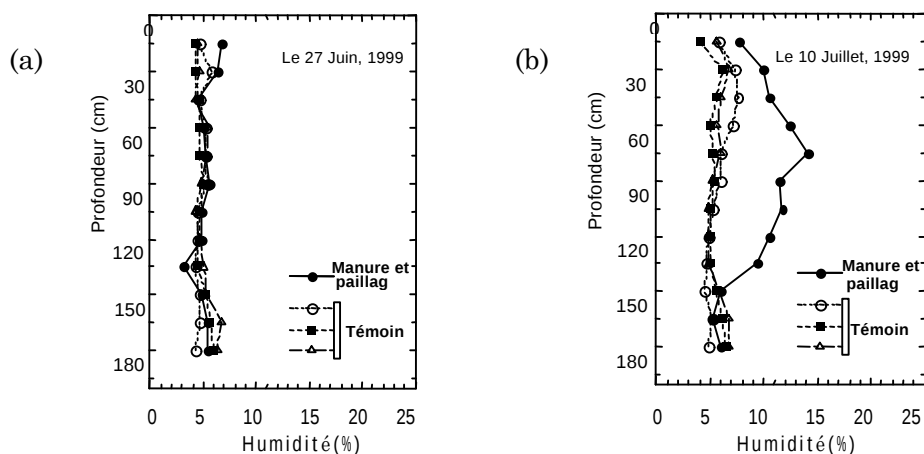
クラストを破壊する従来の方法は除草耕起である。これは非常に有効な手段であり、表面流出の生起を防ぎ、浸透を促進する。ただし耕起が人力で行われている地域では、耕起に多大な労力を伴う。インドでは雨季初期の降雨を有効に浸透させるため、畜力を用い、雨季の始まる前に耕起を行う場合がある。耕起は基本的には地表面の攪乱を行っ

ているだけであり、耕起後数回の降雨でクラストは再発達する。

より労力の少ない方法として有用な方法が作物残渣によるマルチングや堆肥の施肥である。収穫後のミレット残渣を乾季の間地表に残したり、雨季が始まる前に堆肥の散布を行うと、シロアリが集り、これらを摂取する。植物体のセルロースを摂取し、地中数 m にある巣まで運んで菌類を栽培するためである。この過程で地表面を覆っていたクラストが破壊され、地中にはシロアリの通路として形成された間隙が垂直方向に発達して、降雨時の浸透を促進する。

マルチングは木の枝や草を利用しても良い。Burkina Faso の北部において樹木の枝や草を利用したマルチングがシロアリを誘引し、クラストの発達した裸地の浸透性の復旧に寄与したとの報告 (Mando.,1997,1998) がある。図 3.1.1 は前年のミレット残渣を畑に残し、さらに堆肥を 1.5t/ha 散布した畑と、その他の無施肥の畑で雨季の初期の土壌水分量を比較したものである。(a)は雨季の初頭、(b)は一回目の除草耕起の直前である。堆肥やマルチングを行った畑では、地中深くまで浸透が促されていることがわかる。土壌の乾燥時に苦労して耕起を行わなくとも、遙かに少ない労力で同じような効果が得られる。ただし、この浸透促進効果は除草耕起とともに消滅する。

図 3.1.1.1 堆肥とマルチの散布をした区画とその他の区画の土壌水分量比較

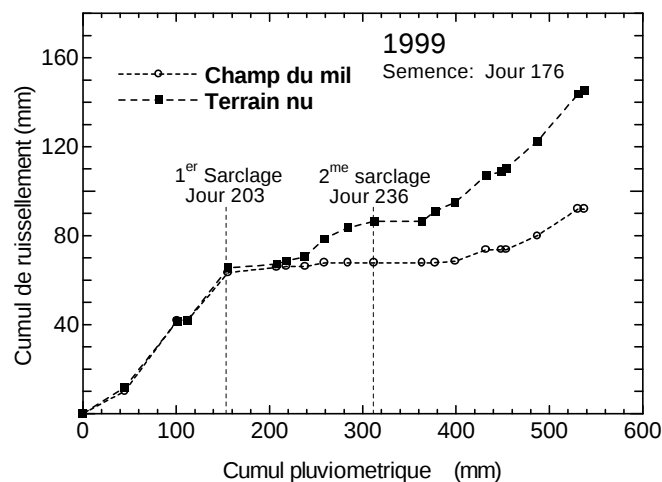


(2) 地表面を雨滴から保護する

クラストは雨滴が地表面の土壌粒子と衝突することによって発生、生成する。よって雨滴の直接の打撃を防ぐことができれば、これを抑制することができる。

サヘル地域では、マルチングなどにより地表面を完全に被覆することは非常に困難である。特に雨季の初期は畑が裸地の状態であり、現在のところ被覆の有効な手段はない。ただし雨季の中盤に入るとミレットの葉が生長するので、降雨が直接地表面に衝突することは少なくなる。図 3.1.1.2 はミレット栽培区画と裸地区画からの流出率を比較したものである。播種後 30～40 日の一度目の耕起が終了した頃からミレット栽培区の流出率は低下することがわかる。

図 3 . 1 . 1 . 2 ミレット栽培区と裸地の流出率の違い

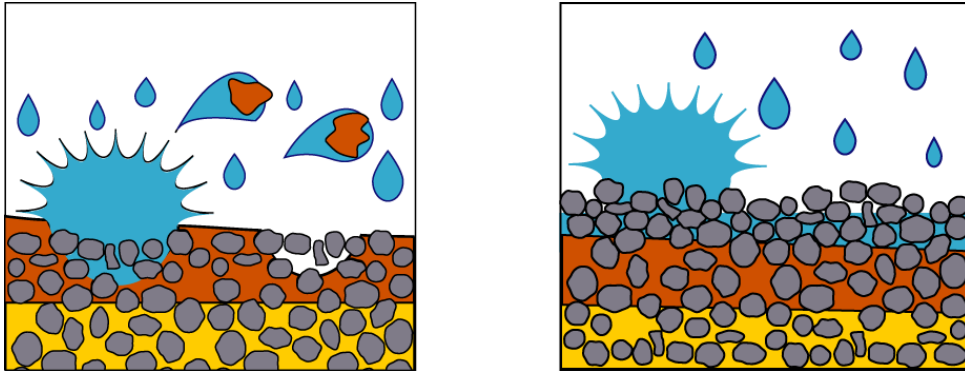


上の図は比較的砂質の多い試験地での結果である。地表面が固い地域では、上にのようにミレットの生長によっても顕著に流出率が低下しない場合も考えられる。そのような場合、ニエベの混作により、地表面の被覆率が向上すると、より高い効果が得られる。

(3) 地表面の粗砂を保全する

クラスト形成の初期型である構造クラストはクラストの上に粗砂が載った形をとる。上の粗砂を失うと侵食クラストというさらに透水性の低い形に発展するが、粗砂がそのまま上に残れば、降雨を緩衝する。粗砂の厚みが数 cm になれば、これは極めて有効である。粗砂を保全するためには、表面流出の流速が上がらぬよう、マルチングを行うとか、等高線の畦などを設けてやるのが有効である。畑の中に樹木を残し、風食を防ぎ、風に運ばれる土壌の堆積を促すことも有効である。

図 3 . 1 . 1 . 3 表層の粗砂層の緩衝効果



3) 表面流出を阻止する、速度を緩める

降雨の浸透を促すだけでは表面流出の発生を阻止できない場合も多い。表面流出が起ると、マルチングや堆肥などの軽い物質はもちろん、粗砂なども侵食を受ける。これを防ぐには、畑に保全構造物を設けて表面流出を阻止するか、表面流出の速度を落とすことが必要である。

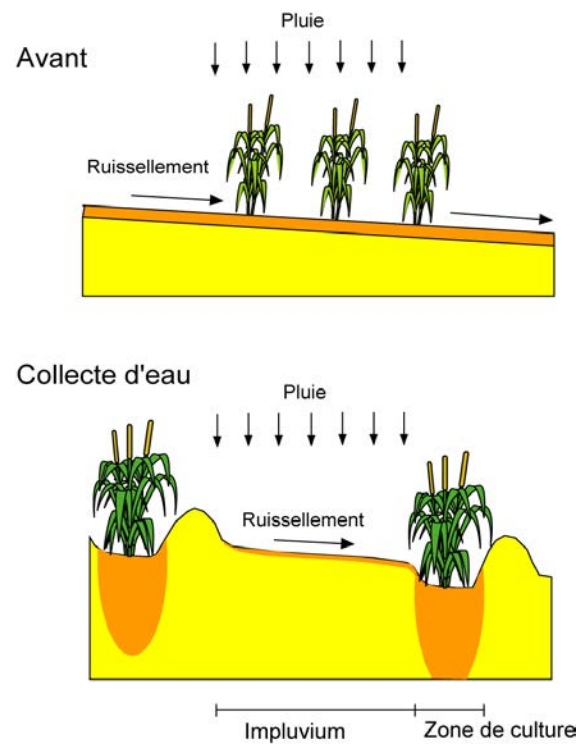
このための構造物として一般的なものが等高線に沿った土や鉄石の畦である。土の場合は非透水性で流出を阻止し、鉄石の場合は流出を一時的に滞留して流速を低下する働きを持つ。いずれの場合も流速を緩和することによって、表面流出の土壌輸送力（侵食力）を低下させる。

侵食が進んだ地点の場合、初期の効果はさほど著しくなくとも、経年的に状況が改善する場合が多い。

4) 水分を集中させる

サヘル地域北部では降雨の不足が生育の抑制要因となっている。上で述べた等高線の畦畔やその他の工法を用いて、広い地域に降った降雨を一点に集中させることもできる。これは Water-harvesting という考え方に基づく。Water-harvesting は降雨を全域で浸透させるのではなく、集水域（Bassin versant）で表面流出を生起させ、作物生産を行う耕作域（Zone culturale）に集中させる考え方である。図 3.1.1.4 にその概要を示す。例えば、降雨量 400mm 程度の地域でも、集水域から耕作域に表面流出を流入させることで、作物に有効な水分量を数倍に増加することができる。増加の割合は、集水域の耕作域に対する面積比と集水域の流出率（表面流出量/降雨量）に依存する。

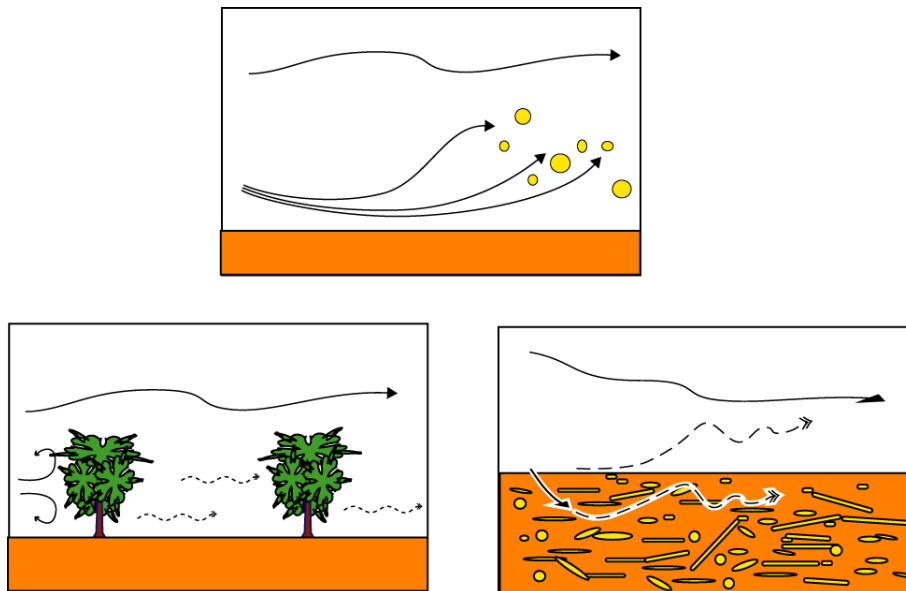
図 3 . 1 . 1 . 4 Water harvesting の概念図



3.1.2 風食の防止

風食の防止法は、畑地の地表面の風速を低下させることにつきる。それには図 3.1.2.1 に示すように、農地が裸地状態になることを避け、マルチングなどにより地表面の粗度を高める方法や、防風のために畑の中に樹木または生け垣を残す方法などがある。サヘル地域ではマルチングに使える材料は地表面を被覆するには十分でない。1.5t/ha の残渣を残した時、地表面の被覆率は 7%程度にしか過ぎない。しかし、Sterk and Stroosnijder (1997) の研究では、1.5t/ha のミレット残渣の投入により地表面を保護すると、風食の被害を 50～80%軽減することができることを報告している。風食で支配的なサルテーションが地域的な近距離の土壌の移動であることを考慮すると、マルチングによる土壌・養分の捕捉も可能である。マルチの存在により地表面に堆積する砂も浸透促進の上で効果を持つ。休閑を行い、全体を草地に戻すことは、このような意味でも非常に効果的である。

図 3.1.2.1 風食の防止法



サヘルでは乾季の間、ハルマッタン (Harmattan) と呼ばれる北東の季節風が吹く。これはサハラ砂漠由来の微細土粒子(ダスト)を含んでいる。ダストは粘土分を 20～30%程度含み、残りはシルト分である。サハラ砂漠中の Quatara 低地は中でも有力なダストの発生地と見られているが、ここでは過去 2～3 百万年の間に 400m の厚さの土壌が風の力によって取り除かれたと推定されている (Stahr et al., 1996)。乾季のハルマッタンはダストの地表面への降下率が低い。雨季の降雨前の嵐は輸送量が多く、これに続く降雨がダストの降下を保証する。サヘル地域では上空の大気中を年間 50～70 kg /m² のダストが通過していると推定されるが、このうち実際には数百 g/m²程度が実際に地表面に降下している。ダストの鉱物成分としては石英が卓越しており、粘土分としては Kaolinite が多くを占める。これらは土壌の特性を変えるものではないが、粘土の供給は栄養の吸着力の向上に繋がる。ダストが含む栄養分は 16 mg K g⁻¹、17mg Ca g⁻¹、7mg

Mg g⁻¹、0.7mg Na g⁻¹と決して栄養循環に寄与する割合は大きくないが、平均的地表面に比べ、これらのダストは7~35倍の栄養濃度をもつ。防風林を発達させてダストを堆積させることができれば、栄養面においてもプラスになりうる。

3.1.3 有機分の役割

サヘル地域で有機分は極めて多様な役割を担っている。以下に例をあげる。

化学的役割

- ・ 土壌養分の吸着（CECの向上）
- ・ 塩基飽和度の改善によるリン酸の可動化
- ・ 土壌微生物の活性化による窒素固定菌の増殖

物理的役割

- ・ 土壌表層の保護による表面流出の抑制
- ・ シロアリの誘因による土壌の物理構造改善
- ・ マルチングによる風食の防止と飛来土壌の堆積の促進

1) 化学的役割

有機分は粘土分と並んで栄養分の吸着の役割を担う。Jones and Wild（1975）によれば、サバンナ土壌の陽イオン交換能（CEC）の80%程度は有機分の寄与であるとのことである。この有機分が低下すると、栄養分の溶脱が起こり易くなる。例えば雨季の初期に多量の降雨があると、ミレットの根の伸長より早く浸潤線が前進し、栄養分も下方に移動してしまう。このような場合、根が十分な栄養を初期に吸収できず、ミレットの生育が悪化すると報告もある（Payne et al., 1990）。

有機分によりCECが増加し、塩基飽和度が高まると、アルミに結合されていたPが可吸体として植物へ吸収され易くなる（Bationo et al., 1990）。すなわち、化学肥料のみを与える場合よりも有機分を加えることで植物に有効に吸収されるPの量は増加する。

有機物を与えた場合、土壌微生物活動が活発になることが作物の栄養吸収の増加に寄与するとの考察もある（Hafner et al., 1993）。ミレットの根圏には窒素固定菌（Wani et al., 1988）が存在する。作物残渣を与えると窒素固定菌は残渣のCを栄養として活動が活発になり、空気中の窒素の土壌への還元量が増加する。このことで肥料としての投入量以上のNが作物に吸収される例がある。無施肥の畑でもミレットがある程度育つのは、この窒素固定菌が寄与している可能性が高い。土壌微生物活動が活発になると、これらが分泌する植物ホルモンが根（特に毛根）の生長を促進し（Joshi and Rao, 1989; Martin et al., 1989）結果としてPの吸収効率が高まるとHafner et al.は述べている。彼らが行った実験では化学肥料のみを施肥した場合とこれに作物残渣を追加した場合ではPの吸収量に3倍以上の違いが出ている。

2) 物理的役割

物理的な役割については前項の水食・風食防止の項で述べたので、ここでは割愛する。

3.1.4 化学肥料の有効性

水食や風食への対応が万全であっても、休閒なしにミレットの連作を行ってれば、栄養不足が原因で砂漠化が進行する。土壌の項で既に述べたように、サヘル地域の天水農業の制限要因は、一方で土壌侵食の進行による土壌水分の不足であるが、他の一方では窒素やリン酸などの栄養不足である。特に浸透性が元来高い地区では後者が深刻な制限要因となっている。一人あたりの耕地面積が年々少なくなっている現況の下で、農地の単位面積当たりの生産性を向上することは、耕作面積の縮小化につながり、適切な休閒を可能にし、労働の軽減にもつながる。

サヘルでミレットなどの自給的な天水作物に化学肥料を用いるのは、コスト面から危険ではある。家畜糞の利用や植物残渣の農地への還元など、よりコストの少ない方法を最大限試みることが先決であるが、それでも不足な場合は、化学肥料を用いることで持続性を保つことはできる。しかし化学肥料の効果を過信し、農地の管理努力を怠ると、却ってマイナスの効果をもたらすことにも十分留意が必要である。

ニジェールで INRAN や ICRISAT が推奨する施肥量 (Ly et al., 1997) は、以下のようになっている。

窒 素 30kg N/ha (尿素換算で 60kg/ha)。播種後 3 週間後と 6 週間後の
2 度に分け、除草耕起の後に散布。経済力がない場合はその半分。

リン酸 30kg P₂O₅/ha。雨季の始まる前に散布。

これにより降雨量 400 ~ 800mm の地域では 300kg/ha 程度の増収が可能であるとしている。FAO (1991) によれば、肥料の値段を考慮した上で、施肥の見返りが確実に期待できるのは、降雨量が 300mm 以上で、無施肥で 400kg/ha 程度の収量がある、土壌が肥沃な地域に限定されとしている。施肥を行うと、作物の生長が活発になり、水分消費量が増加する。したがって土壌保全により十分な浸透が確保された地域で施肥を行うことが重要である。またリン酸肥料を有効に作用させるには、作物残渣や堆肥などの投入により十分な有機分を確保してやらなければならない。窒素の溶脱を防ぐためにも同様のことが言える。

3.1.5 植生保全の意味

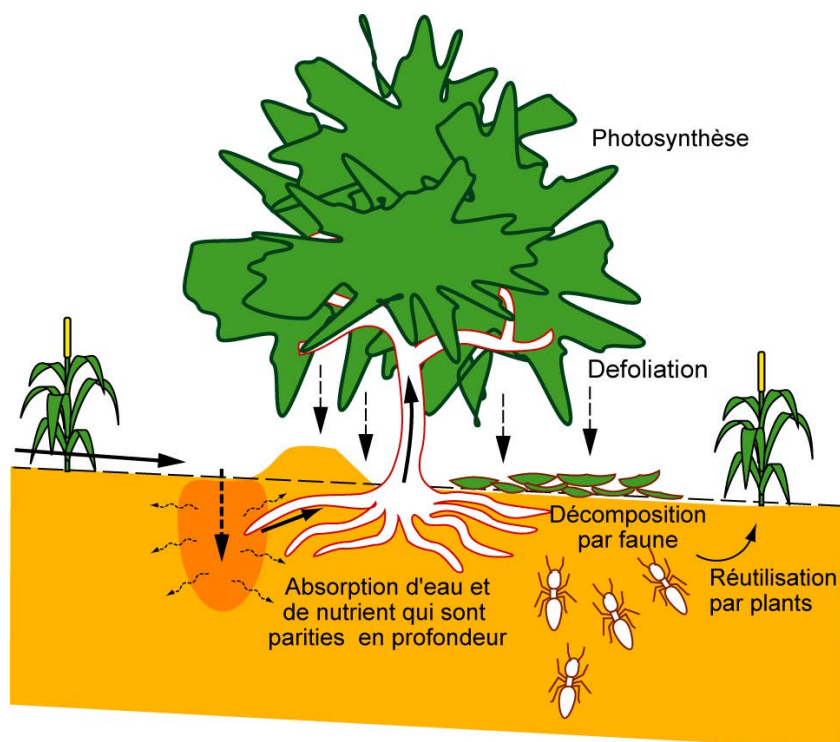
サヘルの農民は概して自分の畑に樹木を残すことを好まない。その理由には、収穫時に鳥害が及ぶことや、日蔭が生じることなどが挙げられる。しかし、農地内に植生を残すことは数々の恩恵をもたらすことを再確認すべきである。以下簡単に列挙する。

- a) 農地内の風速を弱め、風食の被害を軽減し、土壌の堆積を促す。
- b) 草は保全工法の保護や補完的役割を果たし、表面流出を抑制する。
- c) 樹木は作物が利用できない地中深くの水分やリーチングによって下方に移動した栄養分を摂取し、落ち葉として地表に還元する。

- d) 豆科樹木の多くは窒素固定菌をもち、作物に栄養を還元する。
- e) 落ち葉は有機分の供給源となり、土壤微生物活動を活発にする。

上記の a) や b) は物理的役割で、前にも述べた。等高線に沿った土や鉄石の畦などの保全工は年々侵食や土壌堆積を受け、効果が減ずるが、保全工付近の水分状況の改善を利用して、草や樹木の育成を行えば、工法の保護や土壌の定着に効果を現す。c) は浸透性の高い土壌で特に有効である。多雨年は栄養分のリーチングによる下方移動が植物の根の生長より早く進み、作物の収量が落ちることがある。下方に移動した水分は基本的には再利用できないが、根域の深い樹木であれば、これを落ち葉として地表面に還元することができる。葉や木の枝をマルチングに用いれば、シロアリの活動も活発になり、周囲の畑の浸透性回復にもつながる。植林と作物栽培を複合させるアグロフォレストリー手法は、熱帯付近の貧栄養土壌地域の持続性確保に極めて有効な手段である。サヘルのようにバイオマス生産の少ない地域では、栄養と水分の効率的利用を作物と樹木の複合により高めることが極めて重要である。

図3.1.5.1 樹木を利用した栄養の循環



3.2 サヘルにおける農地保全法

3.2.1 農地保全法の歴史的変遷

具体的な工法の紹介に入る前にサヘルにおける農地保全法の推移を簡単に述べる。保全法の考え方は1960年代から現在に向けて大きく変化している。それは簡単に述べれば技術至上主義から住民参加への移行であり、工法もそれに伴って簡便で低コストのものが用いられるようになっている。

1) 初期 - 1980 年代前半

1960 年代のサヘルは平均以上の降雨があり、初期のプロジェクトは広義の砂漠化防止よりも狭義の土壤保全を課題としていた。機械力を用いて数千 ha に侵食防止の畦畔などの造成を進めるものが主流であったが、計画や規模において住民の参加を考慮しなかったため、施工後の管理・補修が行われず、多くが失敗に終わっている。1970 年代に入ると、少雨化の傾向が顕著になったが、依然として多くのプロジェクトの活動中心は狭義の土壤保全におかれた。局所的には住民参加を意識した NGO の活動やプロジェクトも始まったが、総じて変化はあまり見られなかった。過去の反省からプロジェクトの進め方に見直しの機運が生まれたのは、1980 年代に入ってからである。1984 年にモーリタニアのヌアクシュットで開かれた CILSS (Comité inter-états de lutte contre la sécheresse au Sahel:サヘル諸国干ばつ対策委員会) の加盟国会議では、テロワール管理手法が初めて紹介され、住民参加が砂漠化防止への地域的戦略として明確に唱えられた。

2) テロワール管理 (Gestion du terroir) 手法による住民参加の始まり

テロワールとは村落の領域、すなわち、所有や利用が他の共同体に認知されている空間を指す。テロワール管理とは、村民によるこの領域の持続的な管理と生産性向上を実現するための、組織化、社会経済条件改善、天然資源管理、技術導入などの行動の総称である。

従来の砂漠化防止対策では土地利用の現況分析から計画立案・計画実施、そして事後評価に至るまで、全てプロジェクトや公共機関が行っていたが、テロワール管理では村民が主体的に計画と実際の活動を行うことを基本とする。そのため、プロジェクトや公共機関の役割は、第一に、村民に対して啓蒙・教育活動を行い村内でテロワール管理計画を作成するに至らせることである。そして第二に、作成されたテロワール管理計画に対して技術的・経済的援助を行うことである。このように住民を砂漠化防止の行動主体とし、プロジェクトや公共機関を後方支援に明確に位置づけたことがテロワール管理の特徴である。

3) Food for work による大規模プロジェクト推進期

1983～84 年のような大干ばつ時には、北部地域は生産基盤が完全に荒廃し、危機的な状況を迎えた。このような時、集水域単位の大規模な復旧が緊急課題となった。その際に多用された手法が Food for work である。これは国連機関の World Food Program による無償食糧援助を利用した一種の住民参加手法である。復旧事業に労働力として参加した住民に、報酬として食糧が与えられるものである。これはテロワール管理の推進、特に住民参加のための社会経済的援助として位置づけられる、自発的な住民参加とは異なるが、危機的状況にある住民の生活を保証し、復旧工事の手法や管理に習熟する機会を提供するメリットがあった。また住民の労働意欲を刺激するほか、直接受益者以外の幅広い参加が得られたため大規模な工事をしやすい等の利点もあった。Food for Work は

住民参加の触媒として大きな役割を果たしたが、この方式が長期にわたって継続されると、受益農村に援助への依存体質が生まれてしまうことが問題点として挙げられた。

4) 住民の主体的な参加へ

そこで近年の砂漠化防止プロジェクトは無報酬で住民の主体的な参加を求める方式をとるようになってきた。そのために以下のような方針がより重要になってきている (Yacouba et al., 1995)。

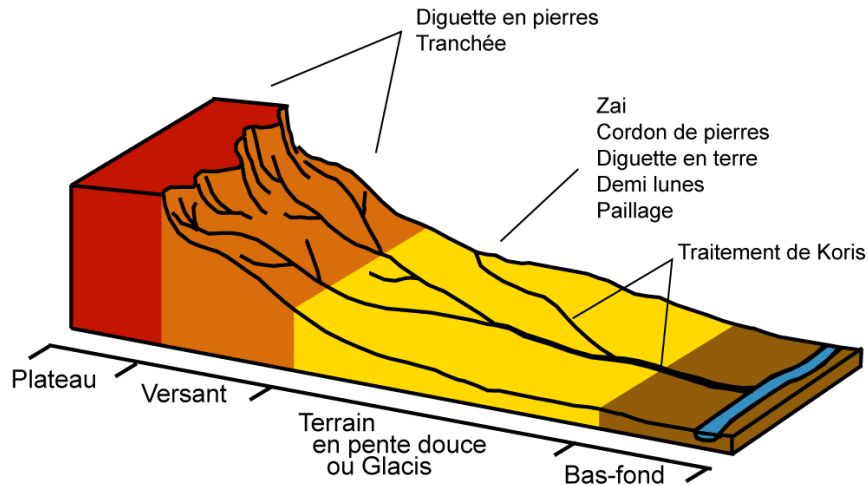
- ・住民による評価の尊重。
- ・個人の農地保全の優先 (保全効果の還元が共有地よりも早い)。
- ・自然資源管理教育の普及。
- ・自然資源管理のための地域・国家レベルでの法改正と新法規の制定。

このような住民参加の流れを受け、技術面でも低費用なものが優先されるようになってきている。保全事業の対象範囲の広がりや農村や農地レベルに小規模化し、また普及しやすい簡便な技術が優先されるようになってきている。また技術の複合化も大きな特徴である。土壌保全から土壌・水保全、Water-harvesting への移行、土壌保全と植林、牧草植栽の複合が進んでいる (Reij, 1989)。

3.2.2 地形に応じた工法の選択

「3.1.1 水食の防止と浸透促進」では、水食を阻止するにはその流出の発生源で対策を行わなければならないと述べた。しかし、住民参加で土壌・水分保全を行う場合、労働時間も人手も限られている。また保全活動の結果は長期的にしか現れないので、農民に十分な動機を与えること自体も難しい。こうした状況から、土壌・水分保全はまず農地で始めることが次善の策として見出された。農地では土壌・水分保全の結果が収量に還元されるので、労働意欲を喚起しやすいからである。しかし、斜面の上部や台地上は集落からの距離も遠く、保全の結果が個人に還元されにくい。よってこのような地域の保全はテロワール管理の概念が村で発達してからの方が効果的に実施できると考えられる。図 3.2.2.1 は地形単位別にサヘルで広範に行われている土壌・水分保全工法を整理したものである。台地や急斜面での保全工法は、表面流出の規模が大きいので、集落単位の共同作業が必要である。農地保全で、Cordon des pierres (石畦、ストーンライン) と Diguettes en terre (土畦) はグループでの共同作業が望ましい。その他は個人レベルで行える工法である。コリ (リル、ガリを含む) の修復作業は、下流に下がるほど大規模になり、多くの人手を必要とする。以下に各工法について詳しく述べる。

図 3 . 2 . 2 . 1 地形区分に応じた保全工法

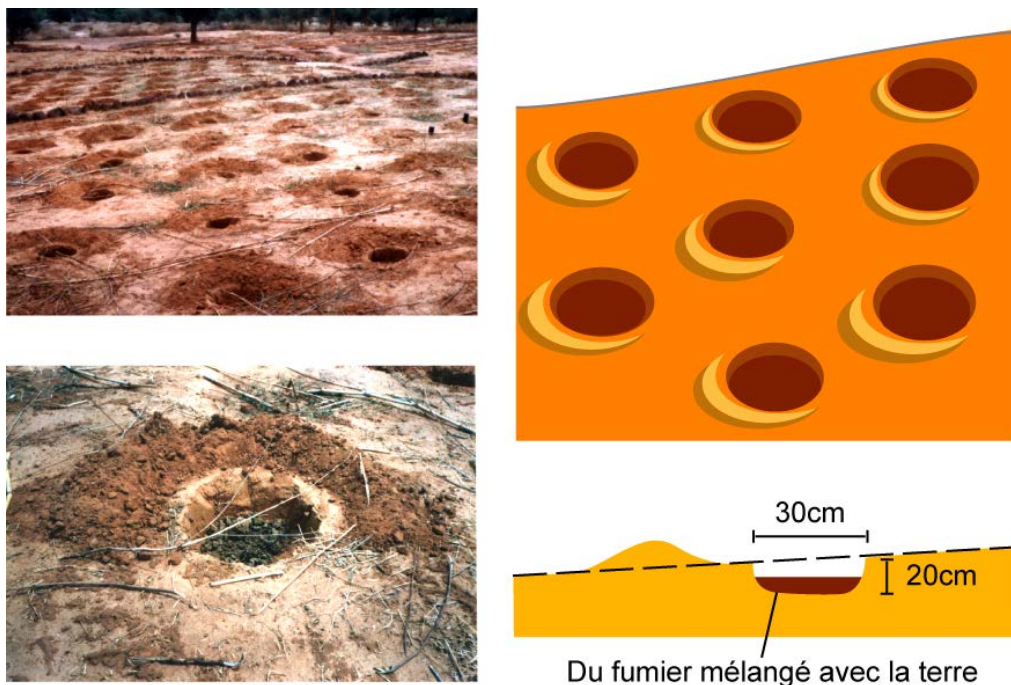


3 . 2 . 3 農地の保全法

1) ザイ (Zaï)

ザイはブルキナ・ファソやニジェールの伝統的な耕作技術であったが、労働集約的なため、殆どの地域で廃れ、忘れ去られていたものである。しかし、1980 年代後半にブルキナ・ファソのヤテンガ (Yatenga) 地方で技術的に洗練を受けて復活、成功を収めてから、ニジェールでも代表的な農地保全・改良栽培法として再定着しつつある。

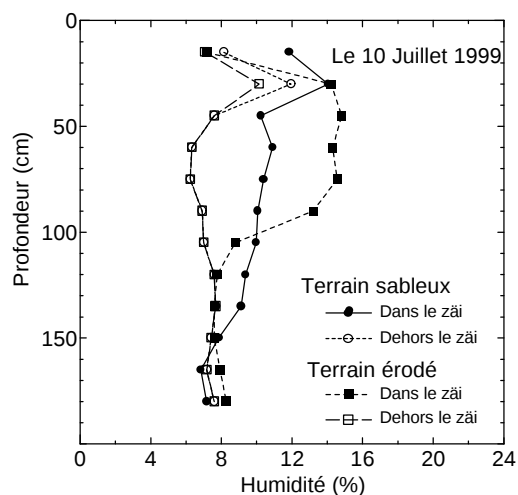
図 3 . 2 . 3 . 1 ザイの概要



ザイは乾季の間にミレットの栽培間隔に直径 30cm ほどの穴を掘り、堆肥を 500g ほど混合して埋め戻す技術である。穴は地表面より 10cm ほど低く埋戻し、余った土は谷

側に盛って表面流出の捕捉を促す（図 3.2.3.1 参照）。簡便な Water-harvesting の一種で、ミレットの栽培箇所には水分を集中でき、また堆肥を表面流出によって失うことなく有効利用できる。通常ミレットの播種は 20mm 以上の降雨を待つ必要があるが、ザイでは水分が集中する分、少ない降雨でも播種できる利点がある。ザイは土壌条件によるが、1 日 1 人あたり約 50 個の施工が可能である。穴の密度は、通常ミレットの栽培間隔に従うことが多い。

図 3 . 2 . 3 . 2 ザイの内部と外部の土壌水分の比較



ザイに堆肥を混合すると、雨季前にシロアリが補食する。そのため全く草の生えないような裸地でもザイの近辺にはマクロポアが発達し、浸透が促進される。図 3.2.3.2 は雨季の初期でのザイの内部と外部の土壌水分を比較したものであるが、かなりの深さまで浸潤線が発達していることがわかる。

ザイは共同作業を必要とせず、乾季の間に個人で作業を進めることができる。等高線を探る作業などは必要ないので、技術的には最も簡単で、農民の間でも他の保全工法に比べ人気が高い。しかしながら侵食が進んだ斜面では、ザイ単独では一度の降雨で穴が埋まってしまう。後で述べるストーンラインと複合させた方が、効果が持続する。ザイの穴を深くし過ぎると、生長初期は湛水害によってミレットの実生が枯れるので注意が必要である。

表 3.2.3.1 に Magou 村での裸地のザイによる復旧試験の結果を示す。1998 年はザイ 1 穴当たり 800g 程度 (4t/ha) の堆肥の投入で、在来品種により 1550kg/ha の収量を得た。これは近隣の無施肥栽培区の収量、760kg/ha の約 2 倍の収量であった。1999 年度は堆肥量を減らしザイ 1 穴当たり 300g (1.5t/ha) とした。雨季の始めに大きな降雨が連続して実生が埋まるなどの被害があり、収量は微増に留まった。ザイは乾季の労働投入というコストを支払っているだけに、多少堆肥は多めに投入して、ミレットの初期生存率を上げてやる方が得策である。

表 3 . 2 . 3 . 1 ザイと在来農法区の収量比較

Année	Quantité du fumier (t/ha)	Rendment (kg/ha)	
		Zäi	Témoin
1998	4	1550	760
1999	1.5	710	556

2) ストーンライン (Cordons des pierres)

ストーンラインは図 3.2.3.3 に示すとおり等高線に沿って鉄石を 1/3 ほど地中に埋める技術で、表面流出の流速を落とし、土壌や有機質の流亡を抑制する効果がある。材料の鉄石は台地から運搬する。等高線を測量するには、2 本のポールを水入りの透明ホースでつないだ簡易測量器を利用する。ストーンラインは石材の運搬が負担となるため、鉄石の採取地と施工現場の距離が制限要因となる。各地のプロジェクトでは荷車の購入を援助したり、採取地が遠い場合はトラックによる運搬補助を行ったりしている。建設はグループで作業分担しながら進める。前述のザイと組み合わせると高い効果が得られる。

JGRC がニジェールの砂質土壌緩斜面 (2.8%) で行った試験では、ストーンラインは裸地の表面流出量を約 40% 削減した。ストーンラインは表面流出を一時的に湛水するが、流出水は石の隙間から下流に徐々に流れ出す。そのためストーンライン付近の水分量は図 3.2.3.4 に示すように増加するが、その他の場所でも浸透は少々改善される。長期的に地表面の粗砂が保護されれば、全体の浸透性が向上する。雨季の中盤からはストーンライン付近に草が繁茂するので、土壌侵食防止の効果をさらに発揮する。ストーンラインの間隔は砂質土壌の緩斜面では 15~30m 程度である。土壌の透水性が低く、斜面が急であれば、間隔を狭めた方が良い。基本的には、リル侵食が起きない程度に流速を抑制する間隔とする。

図 3 . 2 . 3 . 3 ストーンラインの概要

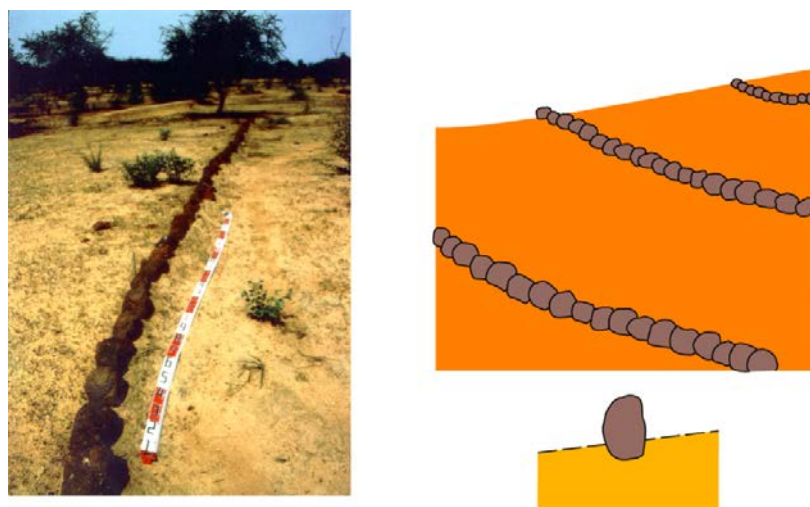
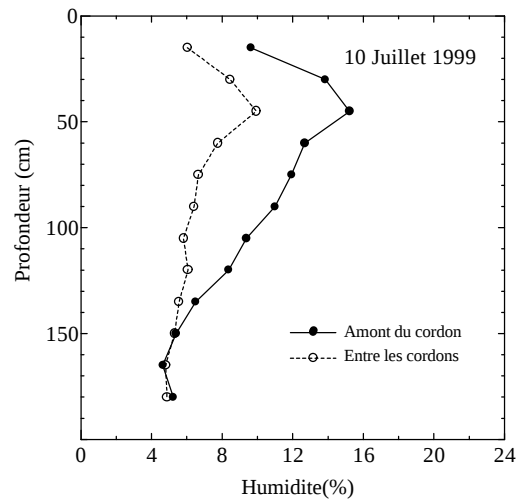


図 3 . 2 . 3 . 4 ストーンライン付近の水分量比較



3) 等高線畦畔 (Diguette en terre)

等高線畦畔は図 3.2.3.5 に示すとおり現場の土壌を盛り上げて突き固め、畦畔を形成する方法である。最大の利点は材料の運搬が必要ない点である。またストーンラインと異なり、表面流出は畦畔を越流しない限り完全に抑制することができる。逆に越流が生じると畦は簡単に破壊されるので、等高線を正しく測量したり、土壌が水分を含む雨季に突き固めをしなければならないなど、技術的な制約も多くあり、現況では容易に技術移転できる工法ではない。地形的に上流から表面流出があまりない地域でのみ適用可能である。長期的には斜面の均平化、テラス化を期待することができる。

図 3 . 2 . 3 . 5 等高線土畦の概要



畦畔の付近では集まった流出が全て浸透するので、図 3.2.3.6 に示すように土壌水分が非常に多い。畦畔の上流側はミレットの栽培には向いておらず、水分消費量の多い樹

木などの植栽が好適である。畦畔の下流側はミレットの生育が非常に良い。畦畔の間の作物生長は図に示すように土質によって異なる。侵食を受けた土壌では畦畔に近づくに従い生長が良くなる傾向を見せるのに対し、透水性の良い砂質土壌では生長は不規則である。これは浸透性が不均一であるためと考えられる。畦畔の下流側の水分改善範囲は1m 程度である。畦畔は砂質土壌でも十分に突き固めれば、5 年程度は持続する。被侵食地で粘土集積層が露出したところでは、畦畔を突き固めると固化し、非常に強固になる。

図 3 . 2 . 3 . 6 土畦付近の土壌水分分布

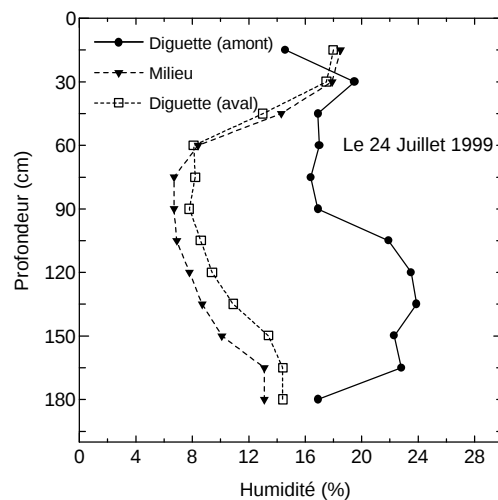
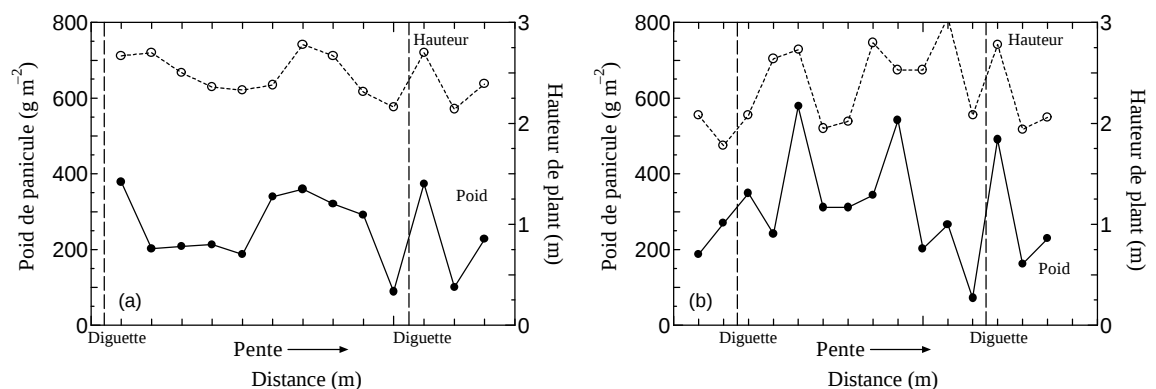


図 3 . 2 . 3 . 7 畦畔の間の作物生長プロファイル

(a)侵食土壌、(b)砂質土壌

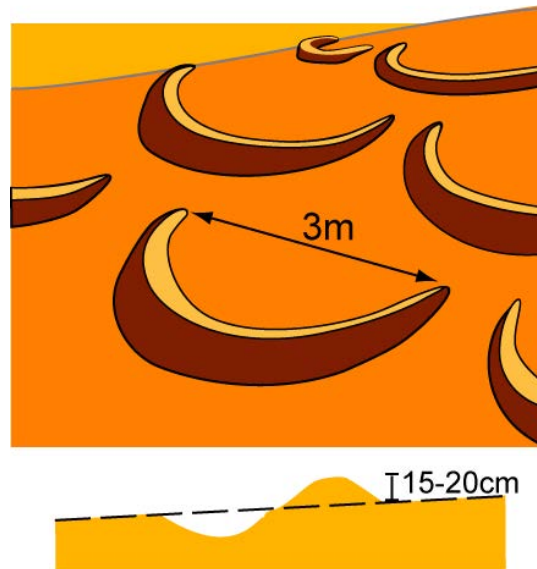


4) 半月工法 (Demi-lune)

半月工法は、図 3.2.3.8 に示すとおり斜面上方に向かって半月状に開いた土の畦を築く Water-harvesting である。降雨量 400mm 程度の地域では直径 3m、1ha に 625 個の密度 (縦横各 4m 間隔) が推奨されている。この工法は、等高線土畦と同じようにストーンラインを築くための鉄石が豊富でない地域で用いられている。スコップで半月状に

土を盛っただけの非常に簡素な構造で、測量の必要もないが、耐久性は低く、耕作毎に更新が必要である。1日1人当たり40個の造成が可能である。半月の内部には堆肥を混合して土壌条件を改善すると良い。半月工法はザイと並び、個人的に作業を行える点に長所がある。長期的な土壌保全効果は低い。

図 3 . 2 . 3 . 8 半月工法の概要



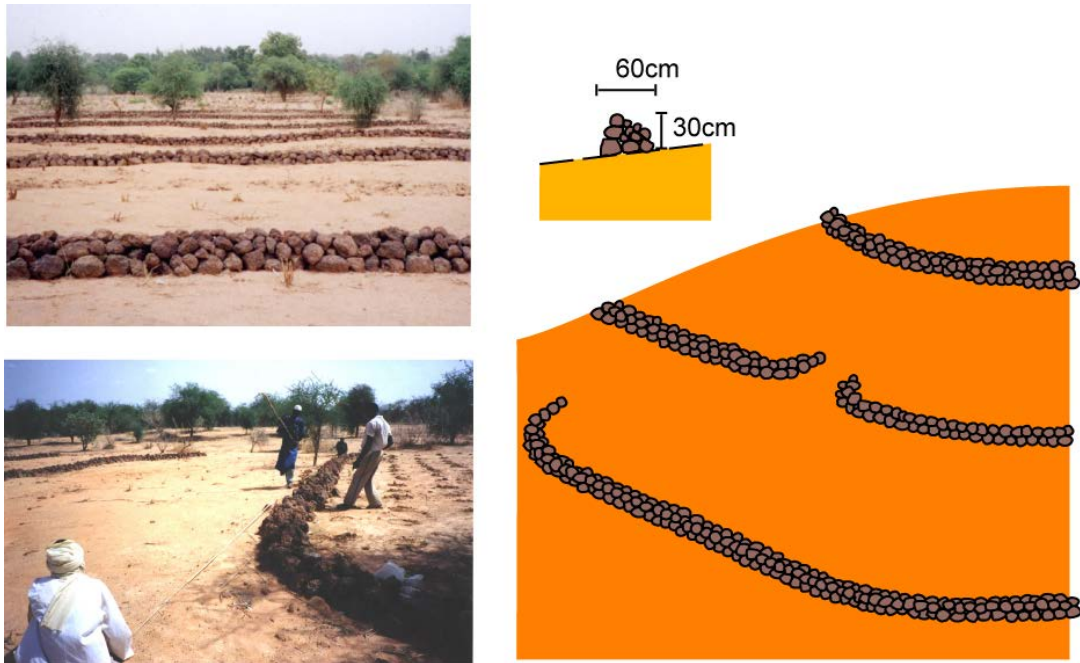
3 . 2 . 4 台地や急斜面の保全

1) 石積み工 (Diguette en pierres)

石積み工はストーンラインよりも多くの石を用いる工法で、その概要を図 3.2.4.1 に示す。これは表面流出の量が多い場所での保全に向けた工法である。基本的には等高線に沿って石を積み上げるだけであり、技術的に難しい点はない。耐久性も高いが、用いる石の量が多く、現場で石が容易に手に入る台地上や急斜面の保全に向いている。表面流出が集中する低平地の保全に用いる場合もある。基本的に表面流出の流速を弱めるための構造物で、土畦の場合のような等高線測量の高い精度は必要としない。形に柔軟性を持たせられ、リルやガリなどがあっても対応が楽である。流出が多い地点に設置する関係で、上流側への土壌の堆積はかなり早く、テラス化も期待できる。裸地でも、すぐに雑草は定着し、数年待てば、耕作が可能だけの砂質分が堆積する。

台地のような固い地表面で作物の栽培を行う場合、耕作域の土壌を心土破碎、もしくはザイを行うなど、浸透を確保する工夫が必要である。またそのような地点ではミレットよりもソルガムが植栽に適している。石積みの下流側は樹木の植栽に適している。石積みは台地のような平坦地では間隔を 20m から 50m とし、間の区間は Water-harvesting の流出域として未処理とする。急斜面では、テラス化した場合を考慮し、間隔を 15m 以内にするのが望ましい。

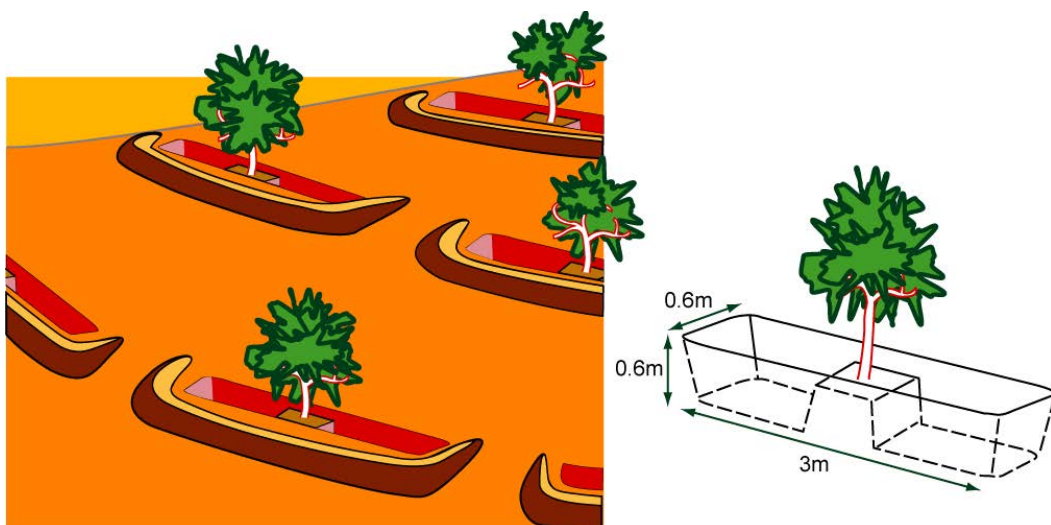
図 3 . 2 . 4 . 1 石積み工法



2) トレンチ工 (Tranchée)

トレンチ工は植林により、台地や急斜面からの流出を減少させる工法であり、概要を図 3.2.4.2 に示す。トレンチ工は人力で深い溝（幅 3.6m 深さ 0.6m）を掘り、その中央に植林を行うものである。土壌条件にもよるが、1 日 1 人あたり 2 個程度の施工しかできない労働集約的なもので、Food for work など労働報酬を伴う形、もしくは無償の場合は村落の自然資源保全意識が極めて高い場合にのみ実施されている。トレンチの中央は深さ 0.3m 程度に盛り上げ、そこに植林を行う。植林と同時に牧草の種を播き、有機分の補充に用いると効果が高い。トレンチは数年で埋まるが、それまでに樹木が定着すれば、問題はないようである。Niger の Projet Intégré Keita では急斜面で 1ha あたり 770 個のトレンチ工を推奨している。

図 3 . 2 . 4 . 2 トレンチ工法



3.2.5 リルやガリの補修

リルやガリは、上流からの流出が原因で形成する。よってその復旧以前に、上流で流出を抑制しなければならない。このことなしに補修を試みても、結果的に流路が変わるだけで、保全にならないばかりか、新たに侵食を引き起こす原因となるので注意が必要である。

1) リルの補修

リルは小規模であり、前項までに述べてきたような保全工法でも対応することができる。またリルに部分的にストーンラインを設置することでも対応できる。さらに、石を用いない方法としては、土嚢を用いる方法もある。土嚢は穀物用の袋などを用いる。袋のコストが問題であるが、現場の土で簡単に作ることができることは利点である。土嚢に入れる土に少量の堆肥を混入し、袋の数カ所に穴を開けてアンドロポゴンの種子を仕込んでおくと、雨季の水分でアンドロポゴンが定着し、袋が崩壊しても効果を維持する。堆肥は量が多いと分解の過程で発熱し、袋が傷むので留意が必要である。

ストーンラインの場合も土嚢の場合も、上流から下流にわたり数カ所に設置し、表面流出を減勢する必要がある。土壌が堆積してきた場合はさらに嵩上げも必要である。

図 3.2.5.1 ストーンラインによるリルの補修



2) ガリの補修

ガリは下流になるほど規模が大きくなり、流出の破壊力も増加するので、規模に応じた対応が必要である。幅 1m、深さ 1m 程度のものであれば、図 3.2.5.2 のように石積み工を応用した形で補修することができる。基盤の底部と側部の基盤となる箇所は、洗掘が起きないように、土を掘って埋めた方がよい。大出水時には石が移動する可能性があるため、定期的に点検が必要である。ガリが深さ、幅ともに大規模な場合は、流出により石が流されぬよう、フトン箆を用いた方がよい。石の量が多いので、集落単位での労働が必要である。このような構造物は同じガリに複数設置して流出を減勢することが大切である。

図3.2.5.2 石積みによるガリの補修 図3.2.5.3 ガリに沿った連続的な施工例

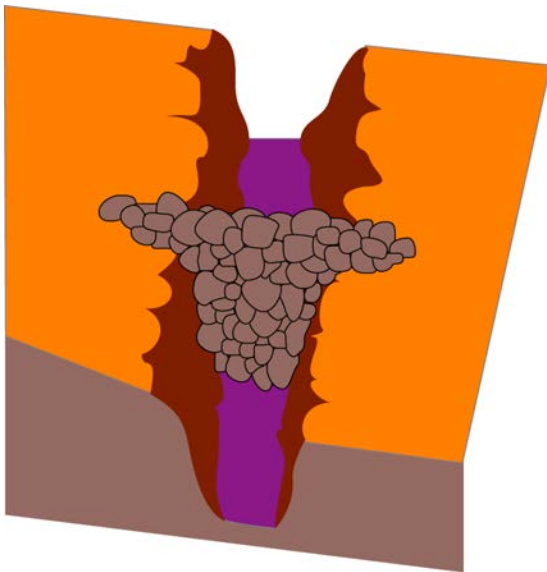


図3.2.5.4 フトン管を用いた大規模な補修例



第4章 農地保全活動

農地保全活動とは、地域住民が自分たちの農地で生じている現象を正しく認識し、対策の実施が重要であることを理解した上で、自らの努力により持続的な農畜産業の生産基盤を確立しようとする一連の行動である。こうした地域住民の現状認識と対策の重要性理解を促進させるには、現地の状況を適切に把握する必要がある。また、住民の組織化を支援して対策実施の体制を整え、地域の状況に即した適当な対策工法を選択とその実施方法を計画して、地域住民が自主的な取り組みを持続的に行うための仕組みを整備しなければならない。

4.1 現地調査

4.1.1 目的

現地調査は、土壌侵食防止 / 農地保全対策を効果的に実施するため、対象地域の自然的、地理的、社会的現状及び地域住民の意識意向を適切に把握することを目的に行う。現地調査は、対象地域での土壌浸食や劣化の状況を把握して適当な対策工法を選択するほか、地域住民の現状認識と保全活動に対する理解の促進を図るために重要な活動の一つであり、地域の農村開発に関する住民組織を活用して相互に協力しながら実施する。地域特性に応じた対策工法や住民参加の促進方法を検討する上で必要な現地の情報収集に関して以下に解説する。

4.1.2 調査項目

現地調査の内容は、対象地域の地形、地質、土壌侵食の状況、植生、土地利用状況、農業生産量及び農業生産体系などのほか、既存の集落共同作業の仕組みなど地域社会に関する項目を併せて調査する。

1) 地形調査

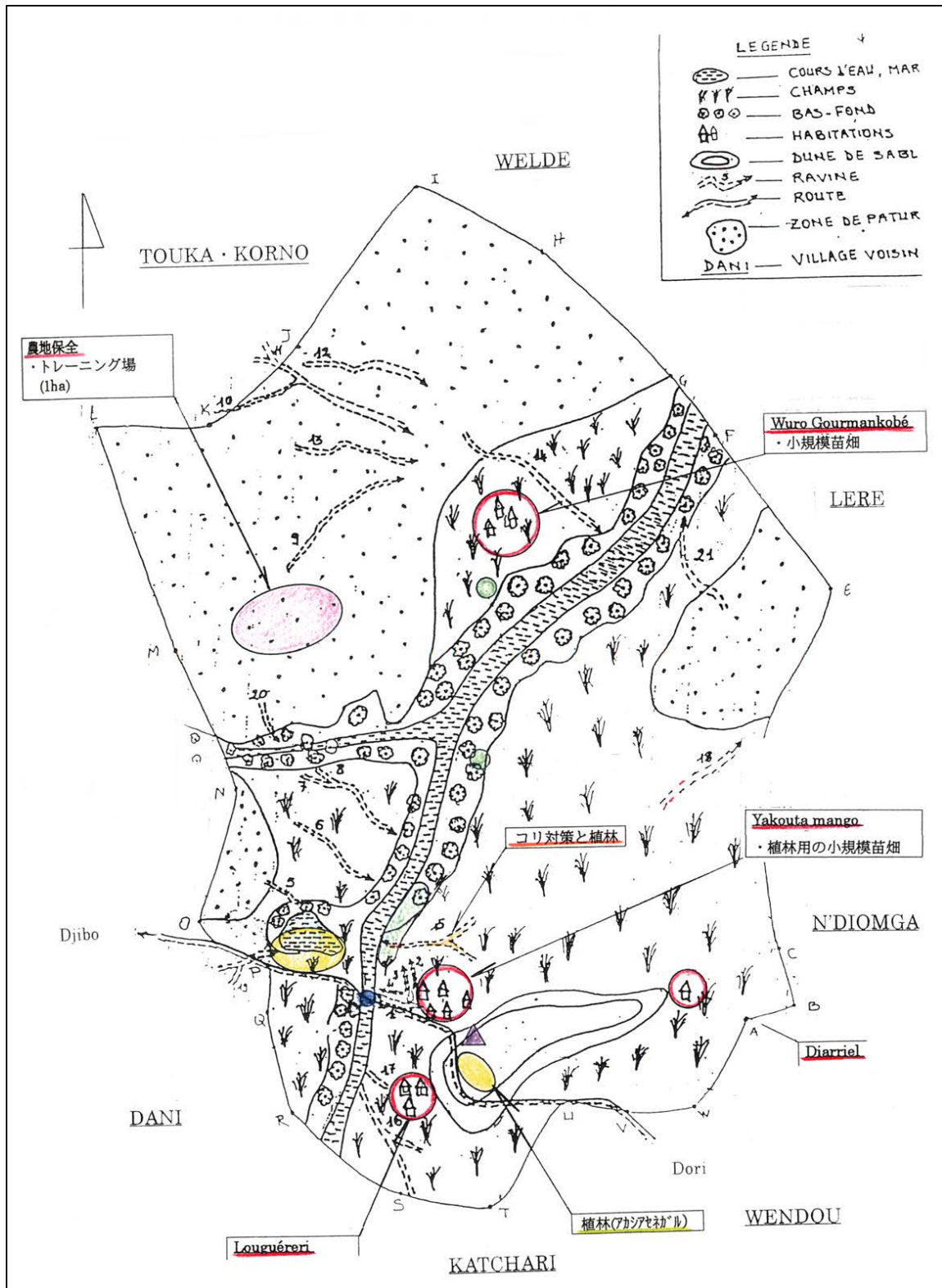
現地踏査を行って、地形勾配、ワジやコリ（リル、ガリを含む。以下同じ。）の位置・規模・流域面積、土地利用区分及びテロワールの境界を把握する。これらの結果は、既存の地形図（縮尺 1:1,000 ~ 5,000）を利用したり地形測量を実施したりして地形図上に示すことが望ましいが、既存の地形図が無かったり作成が困難な場合は、現地踏査によって把握されたこれらの地形情報を網羅した概略図を作成（図 4.1.2.1 参照）する。

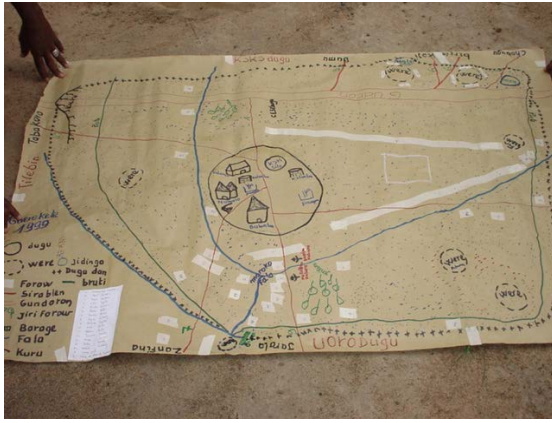
地形勾配は、適当な工法を選択や配置間隔などを検討する上で重要な情報となることから、例えば傾斜度 0~2°、2~5°、5°以上などに区分して地域の傾斜度分布を把握する。

ワジやコリがある場合は、その幅や深さ、延長、集水面積、流下先を把握する。これらは、ワジやコリの拡大防止や下流域での砂防対策を行う場合に、整備の優先順位や床止め工設置ヶ所及び数量を把握する上で必要な情報となる。

土地利用区分及びテロワール境界は、対策が必要な区域と保全活動に関係する集落の範囲などを明らかにする上で重要である。

図 4 . 1 . 2 . 1 概略地形図をもとに作成したテロワール内のガリ分布図





Hand drawing によるテロワール平面図

2) 地質調査

現地踏査の結果をもとに、地表面の地質を砂質土、粘質土及び岩に区分するとともに、クラスト形成の有無など地表の状態を把握し、上記の図面に表示する。これらの情報は、対策を実施する対象地域の範囲や適当な対策工法の選択及び設置位置等の検討材料として利用する。

3) 土壤侵食状況調査

地形・地質の把握と併せて土壌侵食の状況を調査し、上記の図面に表示する。浸食の状況は、表土厚や肥沃度、リル、ガリの発生状況などに加えて、ミレット畑にあっては単位面積あたりの収量、草地にあっては植物の密度や種類などを調査し、対策を実施する対象地域の範囲や適当な対策工法の選択及び設置位置等の検討材料として利用する。

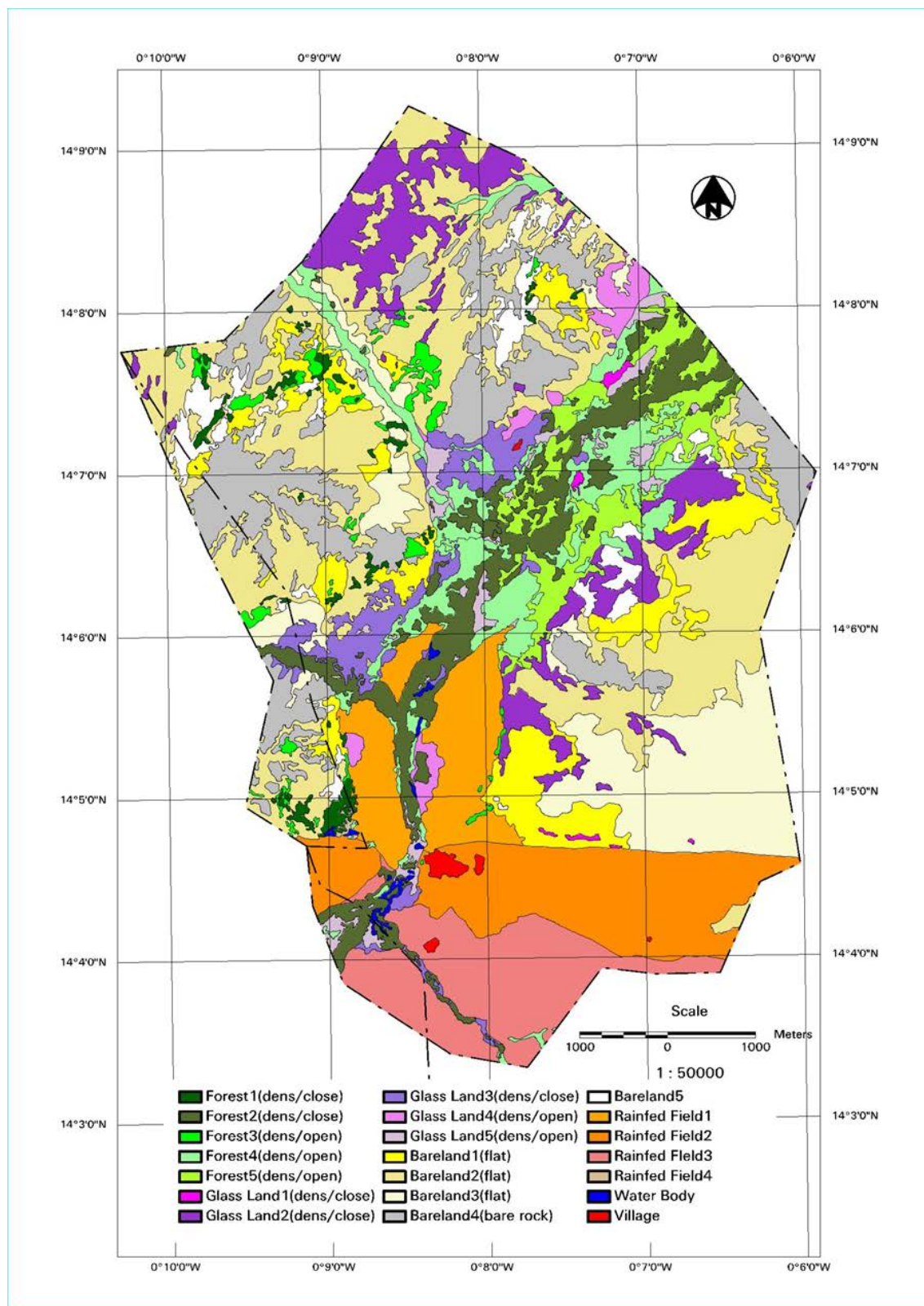
4) 地域社会に関する調査

現地調査は、上記のような物理的な状況に関する事項のほか、休耕の頻度、面積、期間など、対象地域の農業生産体系、さらには地域社会に存在する住民組織や共同作業の仕組みなどを併せて調査し、土木的対策と営農的対策など複数の手法の組合せや住民参加の促進対策の検討などに利用する。

5) 他の調査方法

以上のような直接現地で実施する調査のほか、衛星写真や航空写真の画像データを解析することにより、農地、集落、森林及び草地などの土地利用区分、植生のおよその種類や密度分布を把握することができる（図 4.1.2.2 参照）。ただし、画像データの入手や解析に必要なコンピュータシステム及びソフトウェアは比較的高価であるため、既にこうした設備を保有している調査機関等に委託することになる。

図 4 . 1 . 2 . 2 航空写真データ解析で作成した土地利用分類図



4.2 農地保全計画

現地調査を効率的に実施し、現地の実態に即した適切な農地保全計画を策定するため、あらかじめ以下の内容について検討し、その結果を網羅した農地保全計画を策定する。

4.2.1 啓蒙・指導計画

1) 地域住民への情報提供

農地保全対策を実施する上で、地域住民が自分たちの耕作地や集落で起きている現象を認識して、農地保全計画の重要性と対策実施の必要性を理解することが重要である。このため、地域の農業開発に関する住民組織の代表者などと同行して現地調査を実施し、その結果を地域住民に報告し、対応意見を求める住民説明会を開催する。また、先行事業地区等の見学会を開催して、対策の効果を実際に見ることも効果的である。

2) 住民組織の整備

農地保全対策への住民参加を促進し、効率的に対策を実施するための仕組みとして住民組織を整備する必要がある。住民組織の整備にあたっては、地域社会に関する現地調査によって把握した地域の社会的伝統的慣習を尊重しつつ、組織の構成、設立の手順及び活動内容について、住民の話し合いに基づきつつ進めることが重要である。また、既に共同作業の仕組みが存在する場合には、その活用の可能性についても十分検討する。住民組織整備の具体的手順や支援の留意点については、別編の「住民組織育成技術マニュアル」を参照。

3) 技術研修の提供

地域住民が農地保全対策の技術を習熟していなければ、具体的な対策の実施は困難である。このため、地域住民へ技術指導を行う指導員を育成する必要がある。指導員となる候補者は地域住民間の話し合いによって選出し、農地保全/土壌侵食防止対策に関する技術研修を提供する。技術研修の内容や必要な機材の調達方法については、適用する保全対策や住民組織の形態に応じて予め検討しておく必要がある。

4.2.2 保全対策実施計画

1) 保全対策の内容

現地調査の結果をもとに、対策実施が必要な地域を特定し、そこで実際に用いる工法や数量など、保全対策の具体的内容を検討する。

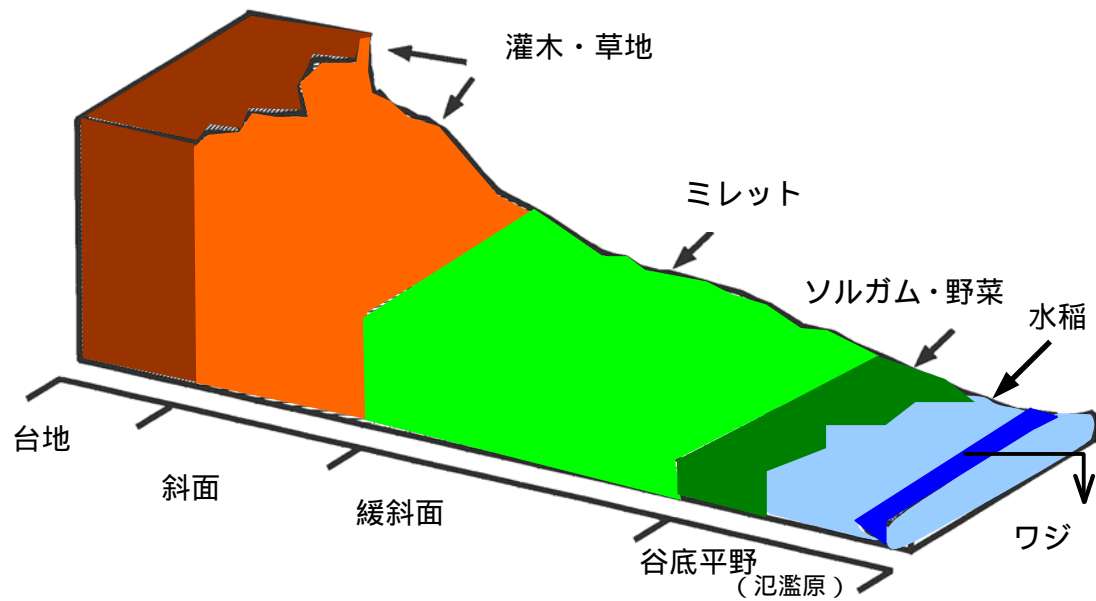
サヘル地域での代表的な農地保全の工法として、図 4.2.2.1 に示すようなものが広く用いられているが、地形や地質、目的とする保全効果など地域の特性に応じて最適な工法を単独もしくは組み合わせて適用する。これら各工法それぞれの技術的な特徴や適用条件は第 3 章 3.2.3 に詳しく紹介しているが、その他の留意点を概略的に示すと、次のとおりである。

- 住民や地域の技術的経済的レベルに応じて適応可能な工法であるか。
- 共同作業が必要な工法である場合、地域住民の参加によって必要な労働力が確保できるか。
- 個人作業として行う工法の場合、各個人が実施に必要な技術を習熟しているか、また、必要な道具等が容易に調達できるか。
- 石材を使う工法の場合、近傍に適当な採取地が存在するか。
- 保全対策の実施量は、地域住民が割くことのできる労働力の範囲内であるか。

工法の適用にあたっては、技術的な適応性の確認のほか、これらの事項についても十分に検討して決定する。

さらに、保全対策として実施するそれぞれの工法の施工量を算出し、作業に必要な資材の種類や量、作業員数、作業開始日及び作業期間など、具体的な実施内容を検討する。JGRC の調査で実施した幾つかの対策工法での単位延長当たりの作業員数及び石材の数量など、石材の集積や運搬作業を含む参考値を表 4.2.2.1～5 に例示する。ただし、この数値はそれぞれの地域における地形や石材採取地からの距離、運搬の方法などによって大きく変化することに注意する必要がある。これら単位作業員数などについて活動開始後に現地で実際に測定し、その結果を用いて作業工程計画の見直しを行い、計画の精度向上を図ることが望ましい。

図4.2.2.1 調査地域の地形的特徴と土地利用及び想定される土壌保全対策



台地	急斜面		緩斜面	沖積平野 / 氾濫原	
		崩積層	山裾の崩壊土壌堆積斜面（耕作地）	河岸	低湿地
勾配 0～1%	5～10	2～5	0～2%	0～5	0～1%
放牧禁止 牧草地の管理 管理下におか れた木材開発 再造林	放牧禁止	保護 再造林 保護用の 小堤防 透水性の良 い停止帯	整備した排水路 区画の境界に生垣 水及び土壌の保全技術導入 畑への樹木の再導入	再造林 河岸保護	貯水池造成 土地の有効利 用（伝統的稲 作改良、草資 源利用）

この区域の主要な土壌保全技術

保全技術	半月工法	石積工法	等高線畦畔	ストーンライン	ザイ
工法概略図					
特徴	材料運搬なし	地形的制約小	材料運搬なし	材料的制約小	高収量
地形的制約 (測量必要性)	B	A	C	B	A
表面流出抑制力	B	B	A	B	C(雨季初期のみ)
テラス化効果	C	A	A	B	C
工期	B	C	B(雨季中要作業)	B	C
耐久性	C	A	B	B	C
栽培効果	B	B	B(畦畔周囲のみ)	C	A
適地	被侵食地	台地近隣/ガリ地	傾斜地谷寄り	傾斜地中	被侵食地

注：ABC は、得失の相対評価で、それぞれ良好、やや劣る、劣るを示す

表 4 . 2 . 2 . 1 ストーンライン設置歩掛（ストーンラインの総延長 2,730m）

区分	歩掛 / 単位数量
ストーンライン 100m 当たり作業員数	23 人/100m
ストーンライン 100m 当たり石材必要量	8 m ³ /100m

JGRC によるブルキナ・ファソ国ヤクタ村での調査結果

表 4 . 2 . 2 . 2 石畦設置歩掛（石畦の総延長：1,935m）

区分	歩掛 / 単位数量
石畦 100m 当たり作業員数	35 人/100m
石畦 100m 当たり石材必要量	18 m ³ /100m

JGRC によるニジェール国マゲー村での調査結果

表 4 . 2 . 2 . 3 半月堤設置歩掛（設置間隔：4m、h a 当たり 625 個）

区分	歩掛 / 単位数量
ha 当たり作業員数	16 人・日
1 人 1 日当たり施工量	40 個/日

JGRC によるニジェール国マゲー村での調査結果

表 4 . 2 . 2 . 4 ザイ設置歩掛（設置間隔：1m、h a 当たり 10,000 個）

区分	歩掛 / 単位数量
ha 当たり作業員数	200 人・日
1 人 1 日当たり施工量	50 個/日

JGRC によるニジェール国マゲー村での調査結果

表 4 . 2 . 2 . 5 フトン籠設置歩掛（3～5 個×2 列×2～3 段）

区分	歩掛 / 単位数量
1 箇所当たり平均作業員数	70～ 人・日
	340
フトン籠 1 個当たり作業員数	6～30 人/個

JGRC によるニジェール国マゲー村での調査結果

2) 住民参加促進計画

保全対策の実施は、地域住民の無償労働提供を基本とする。このためには、地域住民が自発的に活動に参加する動機付けが重要である。あるいは、地域の実情に応じて、Food for Work の活用や地域住民が要望する対策との同時実施など、他の動機付けを組

み合わせることがより効果的と認められる場合には、これらの対策も含めて住民参加の促進対策を検討する。しかし、次章に例示する JGRC の調査結果では、また、近年の趨勢としても Food for Work にあまりにも頼りすぎた住民参加促進は必ずしも良い成果を上げていない。

3) 必要な経費の算定と調達に関する計画

具体的な実施計画に従って、対策を実施するため必要なスコップや荷車など資機材の種類とそれぞれの数量を見積もり、これら資機材のうち参加住民の持ち寄りによるもの、あるいは購入する必要があるものを区分し、購入が必要な資材の数量と経費を算出する。

第5章 農地保全活動の事例

5.1 ストーンライン及び石畦

5.1.1 溜池への土砂流入防止と植生回復

1) 地域の概要と整備内容

マグー村は、ニジェール国の首都ニアメから南西に 60km ほどに位置する。JGRC は、1995 年にマグー村のテロワールにおける水源開発や農地保全、牧畜等に関する農村開発モデル計画を策定し、以降これに基づいた住民活動が行われている。

マグー村の南西部に隣接するエダ沼は、近隣集落を含めた家畜の水飲み場として利用していたが、後背地で裸地化が進み、流出した土砂によってほぼ埋没した。このため、マグー村農村開発モデル計画のうち、牧畜計画と農地保全計画の一環として、エダ沼の整備を行った。

エダ沼の整備にあたって、埋没した沼は動植物のための湿地帯として現状のまま保存し、隣接する低平地を掘削して新たな池を設置するとともに、後背地からの土砂流入抑止と裸地化が進んだ後背地の植生回復を目的として土壌浸食防止対策を実施した。

2) 土壌浸食防止対策

マグー村の農地保全計画では、各種の工法を用いた土壌浸食防止/農地保全対策をテロワール全域にわたって実施することとしている（図 5.1.1.1 参照）。このうち、エダ沼の整備に伴う対策として、北側の裸地化が進んだ約 5ha の区域を対象に、総延長 1,935m の石畦と 100 個の半月堤を設置した。石畦に用いた石の量はおよそ 350m³ で、石畦 1m 当たり 0.2m³ 程度の石材が使われた。対策に要した費用の内訳を表 5.1.1.1 に示す。

表 5.1.1.1 土壌浸食防止対策の概算経費

金額：FCFA

区 分	内 訳	金 額
エダ沼周辺対策		
植 林	苗木等一式	150,000
土砂流出防止対策		
石材収集・運搬	トラック、パワーシャベル等の重機	400,000
雑資材	水準儀、ツルハシ等	150,000
運転手	一式	250,000
小 計		950,000
石積み工・半月堤設置	住民の無償労働提供	0
合 計		950,000



集積した石の積込・運搬



石畦の設置作業

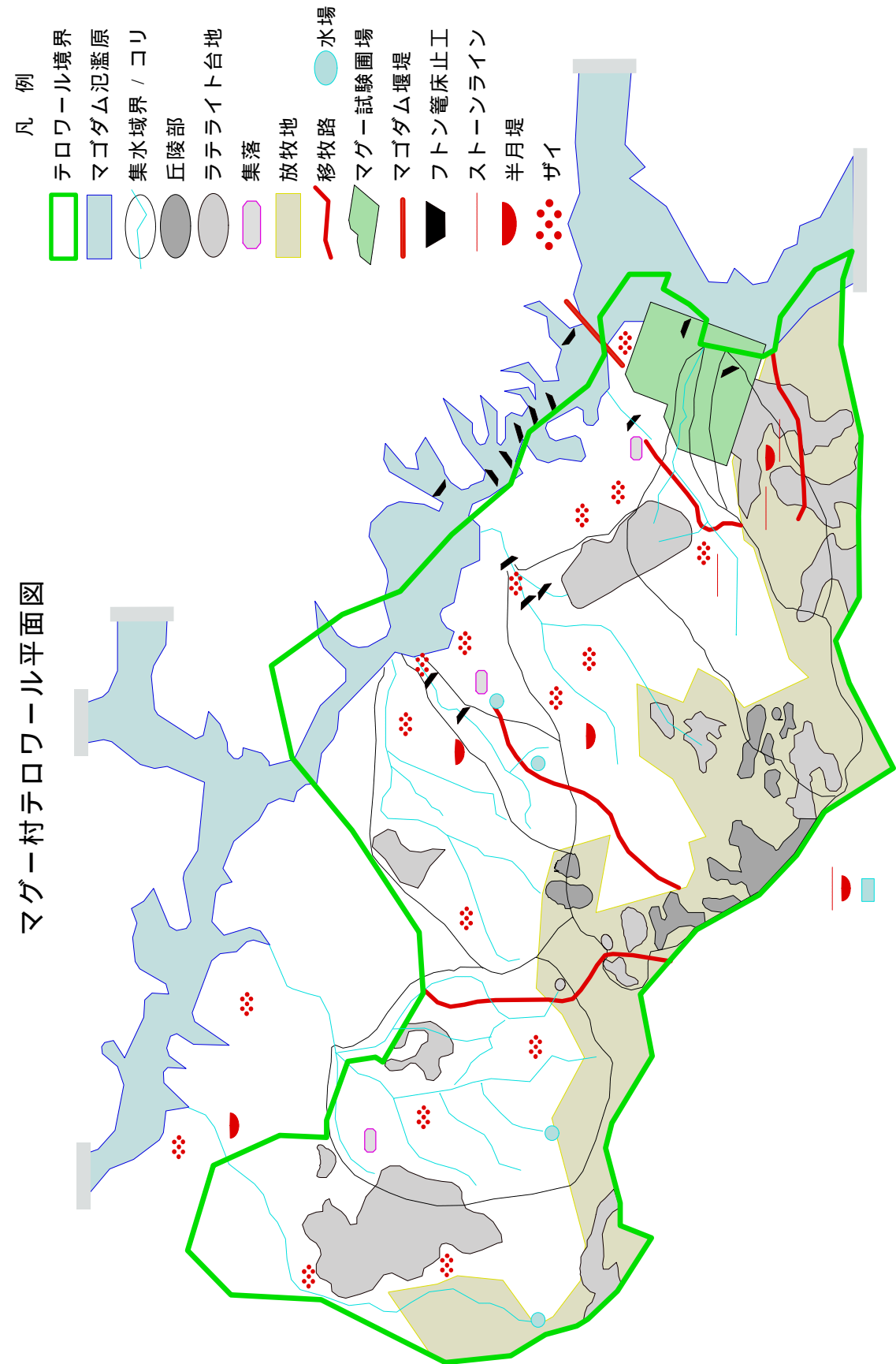


エダ沼後背地に設置した石畦の列



石畦の効果で回復しはじめた植生

図5.1.1.1 マグー村の農地保全対策実施計画平面図



3) 住民参加の状況

保全対策は、1999～2000年の乾季にエダ村とマゲー村の住民参加によって実施した。作業期間はのべ2週間で、何れの村も1日当たりの平均作業参加者数は、20人/日程度となっていたが、ある作業日に一方の村からの参加者が多い場合、次の作業日には他方の村からそれ以上の参加者があるといった、いわば対抗意識のようなものが表れ、その結果、住民参加がさらに促進されるといった興味深い現象が見られた。

5.1.2 裸地化が進んだ草地の植生回復

1) 地域の概要

(1) ヤクタ村の位置と地形

ブルキナ・ファソ国の北東端に位置するヤクタ村は、テロワールの総面積 5,337ha で、この中に4つの集落が点在している。テロワールの中央部をグデボ川と呼ばれるワジが南から北に貫いている。テロワール南部は砂丘地帯で、東北部と西北部にはなだらかな起伏を伴った台地が広がり、ここからワジ氾濫原に向かって緩やかに傾斜した斜面が続く。

(2) 植生・土地利用

ヤクタ村の植生は、南部の砂丘地帯は比較的密度が濃く、ワジ氾濫原沿いは林地となっているが、ワジ両岸から台地の頂部に向かう緩斜面では、疎林～草地～裸地へと変遷しその密度も低くなっていく。土地利用区分は、南部の砂丘地帯に耕作地の約70%が集中し、残余の耕作地はワジ氾濫原周辺から疎林と草地の境界付近にかけて点在している。テロワールの東北部及び西北部の緩斜面では、テロワール全体の50%に相当する広い範囲で裸地化が進み、低利用もしくは未利用地となっている。

(3) 土壌侵食の状況と現状の対策

JGRCが行った現地踏査の結果、テロワール内に27ヶ所の比較的大きなガリが確認され、このうち10数カ所は早急に対策が必要と診断した。これらのガリには、幅6m 深さ3mに及ぶもの、居住区の一部を侵食しているもの、あるいは、交通路を分断して出水時には集落を孤立させるものがあった。

また、裸地化した草地では、降雨時の流出水や風食による表面侵食が進み、植物の再生が困難で、耕作地内でも表面侵食に伴う表土の流亡で、土地の生産力が低下しつつあった。

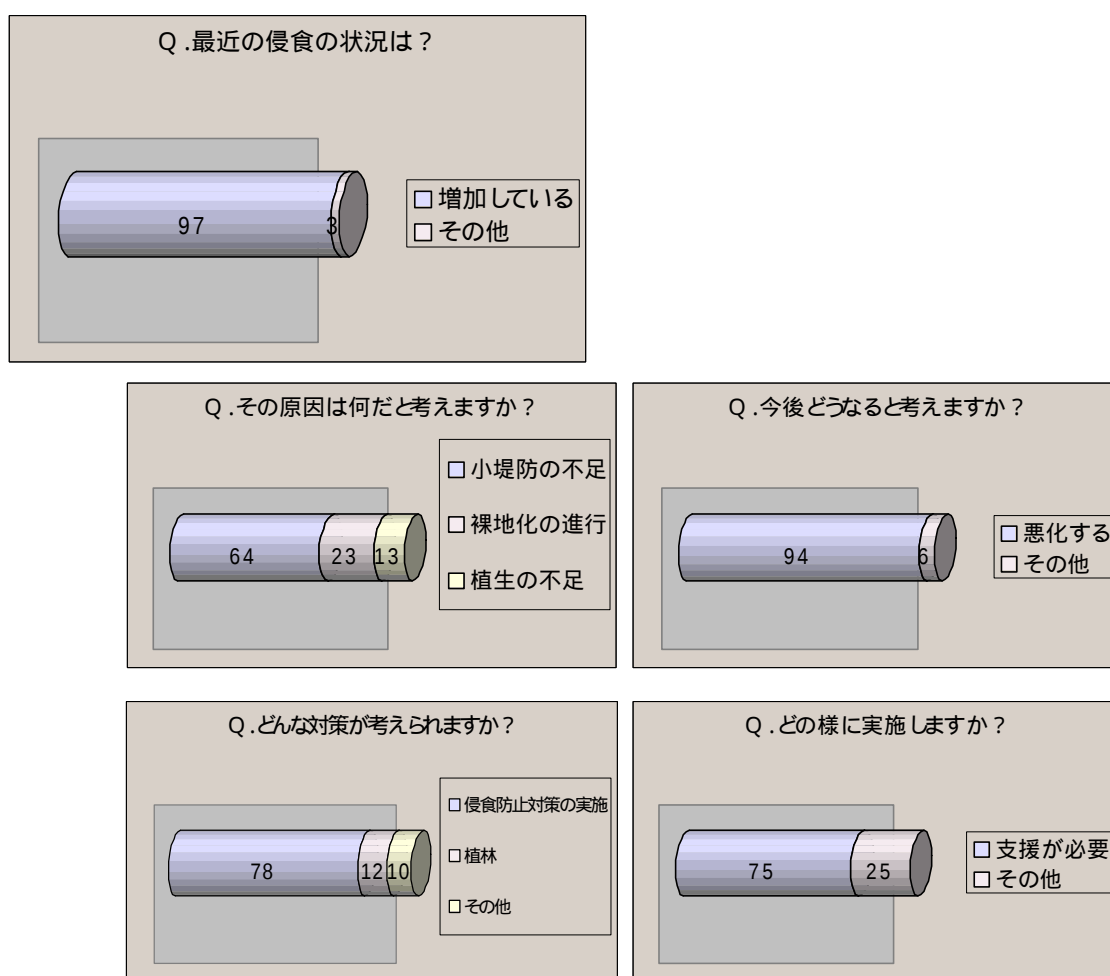
従来の土壌侵食防止対策は、農地内のリルに丸太をおいたり、居住区内のガリへ土嚢の投入やミレットを播種したりする程度の小規模な対応が個人的になされているだけで実質的な効果は認められず、組織的・合理的な対策は行われていなかった。

(4) 土壌侵食に関する住民の認識

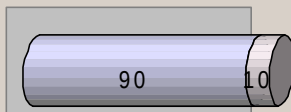
土壌侵食に関する住民の認識は、1999年10月にヤクタ村4集落の111名を対象に実施した意識調査の結果から伺うことができる。

これらから、相当数の住民は、主要作物であるミレットの減収や村周辺の草地面積の減少を実感し、この状態を放置した場合には今後ますます状況は悪化すると懸念している。これらの原因として、かなりの割合の住民が土壌劣化や土壌侵食を挙げ、ほぼ全ての住民が、最近、土壌侵食が増加していると認識している。また、ミレット減収や草地の減少という課題に共通する対策として、土壌侵食の防止が必要としている。

図5.1.2.1 ヤクタ村住民意識調査結果



Q.最近のミレットの生産量は？



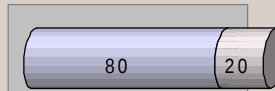
- ☐ 減少している
- ☐ その他

Q.その原因は何だと考えますか？



- ☐ 土地の劣化
- ☐ 降雨不足
- ☐ 伝統農具の低効率性
- ☐ その他

Q.今後生産はどうかと思いますか？



- ☐ 悪化する
- ☐ その他

Q.生産向上のための対策は？



- ☐ 施肥/肥料使用
- ☐ 侵食防止対策
- ☐ 高性能器具導入
- ☐ その他

Q.最近村の周辺で目立つ変化は？



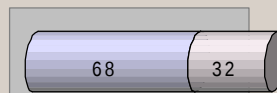
- ☐ 草が減少
- ☐ その他

Q.その原因は？



- ☐ 降雨の減少
- ☐ 過放牧
- ☐ 風食/水食
- ☐ その他

Q.今後の状況は？



- ☐ 悪化する
- ☐ その他

Q.その対策は？



- ☐ 水食の防止
- ☐ 草の種まき
- ☐ その他

2) 対策の概要

(1) 対象区域

JGRC が実施した現地踏査の結果を受けて、西北部の裸地化が進んだ村の共有草地 10ha で、流出水制御による土壌浸食防止と植生回復を目的としたストーンラインを設置することとなった。これらは住民参加で行うこととし、98～99 年乾季に住民に対する技術研修を行い、99～00 年乾季から本格的に実施することとした。

(2) 地域住民への技術指導

ヤクタ村の住民 26 名（うち、女性 5 名）を対象に、98 年 6 月に近傍の農地保全活動先進地区への見学旅行を実施した。また、土壌浸食防止/農地保全対策の実践に必要な技術を地域住民に習得させるため、上記の区域の一角をトレーニング場として設定し、99 年 1 月には 20 名ほどの住民に対して 5 日間の技術研修を実施した。技術研修の内容は、通水管式簡易水準儀を用いた等高線の現地設置法、基盤整地、石の採取方法や並べ方で、農業局の技官が指導にあたった。

(3) 住民参加による共同作業

ストーンライン設置作業への住民参加を誘発するため Food for Work を利用した。その結果、住民の積極的な参加が得られ、翌年に実施を予定していた 10ha の対象区域のうち 7 割以上が 98～99 年乾季に前倒しで実施された。しかし、Food for Work の終了と農繁期開始に伴って住民参加は途絶え、その後 99～00 年乾季に至っても住民の自主的な活動は再開されなかった。

(4) 作業日数と資材等

ストーンライン設置の共同作業実施に当たっては、石材運搬用トラック及び道具類は JGRC が調達して提供し、その他石材の採取や積み卸し及びストーンラインの設置労務は参加住民の労働提供によった。表 5.1.2.1 に作業別参加者数を、表 5.1.2.2 に使用した機材と経費の内訳を示す。なお、表 5.1.2.2 中「労務賃金」と「食糧支援」とあるのは、実際に支出されたものではないが、金額に換算した場合の想定額を示している。

表 5.1.2.1 ストーンライン設置作業労務総括

区分	作業 日数 a	平均作 業時間 b	換算実 働日数 c=a・b/8	日当平均 参加者数 d	のべ参加 者数 e=c・d	若年平均 参加数 (人/日)	若年層の べ参加数 (人・日)
石材集積	15	6	11	28	308	9	101
等高線引出	6	4	3	21	63	6	18
ストーンライン設置	13	5.5	9	29	259	7	63
計	34		23		630		182

表 5 . 1 . 2 . 2 設置経費内訳

区分	単位	数量	単価 (FCFA)			経費
賃貸トラック+燃料 a	日	15	55,000			825,000
労務賃金 b	人・日	630	現地の一般的賃金: 1,000			630,000
指導員 c	式	1	106,800			106,800
食料支援(PAM) d	食	3、360	現地価格換算: 114			383,040
資機材の損料 e						6,978
ツルハシ	本・日	78	購入価格 /	1 年 =	10 F / 日	780
バール	本・日	36	"	5 年 =	10 "	360
一輪車	台・日	133	"	2 年 =	41 "	5,453
口バ車	台・日	3	"	5 年 =	107 "	321
水準儀	台・日	32	"	3 年 =	2 "	64
労賃除き ha 当たり経費			$(a+c+e) \div 7.5ha=$			125,170
労賃含む ha 当たり経費			$(a+b+c+e) \div 7.5ha=$			209,170
食料支援費含む ha 当たり経費			$(a+c+d+e) \div 7.5ha=$			176,242
食料支援及び労賃含む ha 当たり経費			$(a+b+c+d+e) \div 7.5ha=$			260,242

3) ストーンラインの効果測定

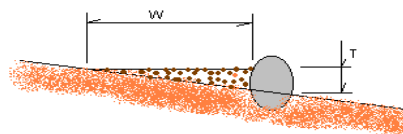
1 列の長さおよそ 130m のストーンラインを 21 列設置した。それぞれの列の間隔は 20 ~ 30m 程度で、列の高さは地表面から 20cm 程度である。対象区域の地質は、ストーンラインの最下列から上流方向に 12 列目付近を境にして、これより高位側はレキ質土、低位側は砂質土である。

(1) 表土流亡抑制効果

ストーンラインによる表土流亡の抑制効果は、ストーンラインによってせき止められる堆砂量で評価した。観測は、レキ質土と砂質土それぞれ 3 列ずつ計 6 列、各列 3 ヶ所の合計 18 ヶ所に目盛り付き綱杭を立て込んで行なった。次表に示す測定結果から、ストーンラインによって 1ha 当たり 68.5t の土砂が堆積したと評価した。これは、対象区域全体の平均で 3mm 前後の表土流失を抑制したことに相当する。

表 5 . 1 . 2 . 3 地質別ストーンライン滞砂量

区分	斜面高位側のレキ質土	斜面低位側の砂質土
堆積土砂の平均厚さ(T)	10cm	10cm
堆積土砂の平均幅(W)	59cm	41cm
堆積土砂の単位体積重量(Y)	2.154g/cm ³	2.493g/cm ³
Stone line 1m 当り堆積量(V)	130kg/m	120kg/m
ha 当り堆積量(C)	68.5t/ha	





ストーンラインの設置状況



ストーンラインによる植生の回復状況

(2) 植生回復効果

植生回復量は、ストーンライン設置区、未設置区、金網囲柵による家畜立入規制区、クラスト破砕区、クラスト破砕 + ストーンライン区を設けて、それぞれのバイオマスを測定した。ストーンライン設置区の植生量は、レキ質土の区域で 2,200kg、砂質土の区域で 2,600kg であるのに対し、ストーンライン未設置区ではそれぞれ 1,000kg と 1,435kg となっており、ストーンライン設置によって植生量に 1.8～2.2 倍の開きがあった。さらに、一列のストーンラインの直上流部と他の列との中間部の植物の種類数を比較すると、それぞれ 24 種と 11 種となっている。特に、砂質土の区域では他の調査区域では認められない種を 4 種類確認した。

表 5 . 1 . 2 . 4 バイオマス測定結果

区分	斜面高位側の レキ質土	斜面低位側の 砂質土
ストーンライン設置区	2,600kg	2,050kg
未設置区	1,000kg	1,435kg
バイオマスの増加割合	2.6	1.4

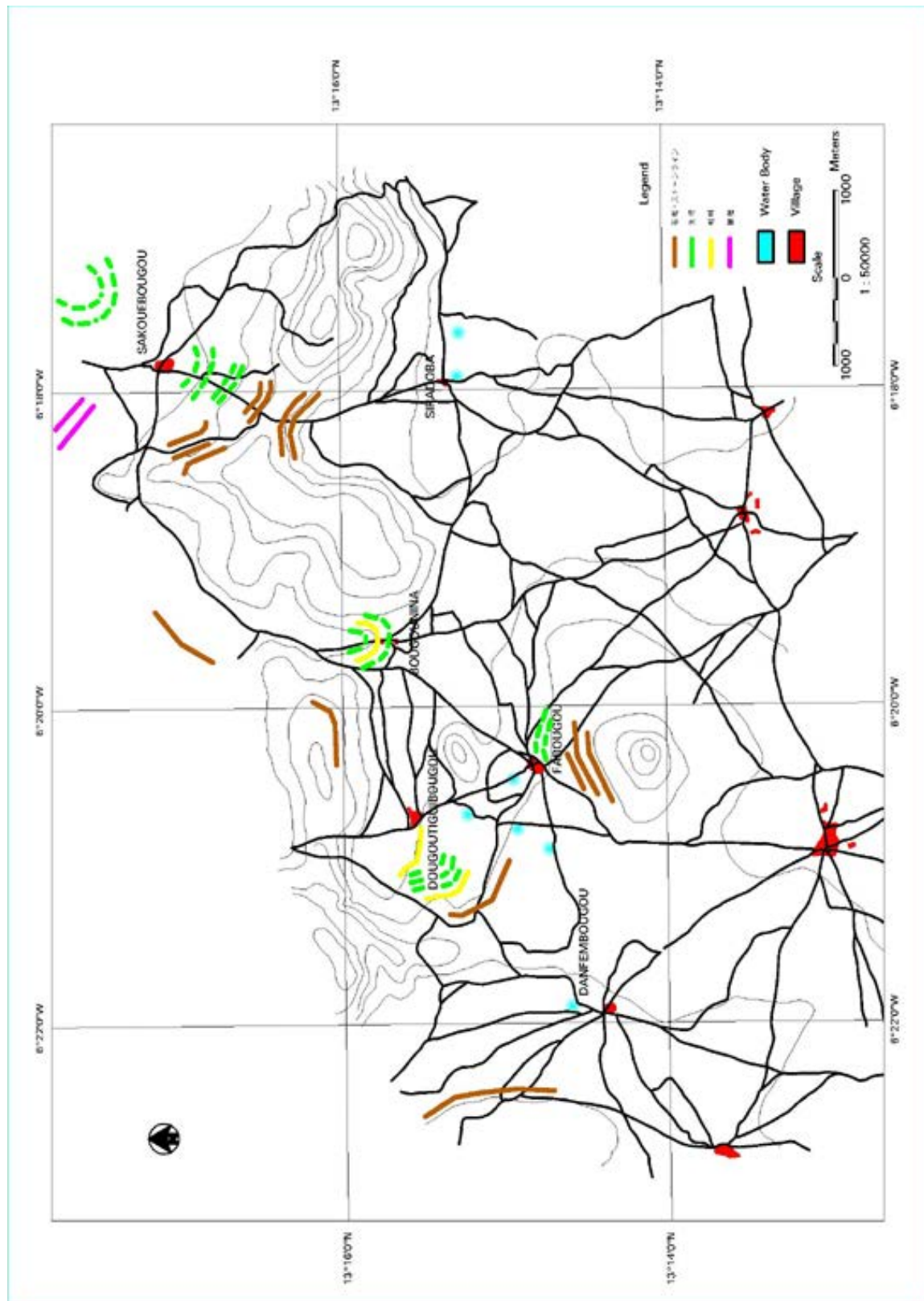
5 . 1 . 3 丘陵地から農地への流出水抑制対策

1) 地域の概要

(1) セグー5 ケ村の位置と地形

セグー5 ケ村は、マリ国の首都バマコの東約 260km、ニジェール川とその支流であるバニ川に挟まれた標高およそ 290m から 350m 程度の比較的緩やかな丘陵地帯に点在する 6 集落で構成される 5 村落の便宜上の総称である。各集落の間隔は、およそ 2～4km ほどで、なだらかな尾根によってそれぞれのテロワールが区分されている。各テロワールの地形は、一方が開いたスーパ皿の様を呈し、斜面傾斜度 3～8° 程度の丘陵を後背に控え、その山裾の緩斜面以降に広がる傾斜度 0～2° 程度の平坦地が耕作地となっている。

図5.1.3.1 セグー5ヶ村の農地保全対策実施状況



(2) 植生・地質及び土地利用区分

セグー5ヶ村の土地利用区分は、およそ7割が耕作地、2割が森林、1割が草地若しくは裸地となっており、これらはそれぞれ、平坦地、丘陵地、緩斜面の地形区分割合にほぼ一致する。植生と地質は、丘陵の尾根から山裾にかけて鉄石質のレキが多く露出した粗い灌木林、山裾の緩斜面では裸地と草地が錯綜した低利用若しくは未利用地となり、平坦地に至って僅かに平地林が見られるほか、ほとんどが砂質～シルトの耕作地である。

(3) 土壌侵食と現状の対策

植生密度が低い丘陵地では、降雨流出水や風による表面侵食は、鉄石質の転石が多数露出するまでに表面侵食が進み、また、裸地化が進んだ緩斜面では緻密なクラストが生成している。これらが相まって耕作地への表面流出量が増加し、耕作地内に多くのリルが発生している。

JGRC が25戸の農家を対象に実施した調査の結果、4割の農家が自分の耕作地に土壌侵食が発生していると回答している。対策実施区域では、これまで土壌侵食防止/農地保全に関する技術指導などが行われたことはなく、住民達は農地保全を実施するための労働力の調達方法や資材の支援を待ち望んでいた。

2) 対策の概要

(1) 対策の内容

現地調査の結果を踏まえ、表 5.1.3.1 のように地形区分別の基本的な対策方針を決定した。これに基づき、丘陵地の流出水抑制対策は住民参加で、耕作地の土壌侵食防止対策は各農家が実施することとした。さらに、活動に必要な技術の習得を目的とした技術研修を提供することとした。なお、住民参加は、現在もそれぞれの村落毎に機能している共同作業の組織を活用することとした。これは、乾季の農閑期の毎週1日、労働可能な男子が全員参加して、道路補修や井戸の修理など集落の公共的作業を行う仕組みである。

表 5 . 1 . 3 . 1 地形区分別土壌侵食防止/農地保全対策

地形区分	傾斜度	特徴	保全方針	保全活動
台地	0～1°	台地上の平坦地で、農業利用はほとんど行われていない	火入れ、樹木の伐採および家畜の放牧を規制し、自然植生を適切に管理	・放牧禁止区域に設定 ・簡易畦畔による流路の制御 ・Water Harvesting による植林
急斜面～崩落土	5～10°	浸食崖と崩落土で構成される、土壌の劣化・浸食に対して脆弱な部分であり、利用は限定的	流水の速度を極力抑え、雨水の浸透を促進し、植生密度の向上	・放牧禁止区域に設定 ・密生生垣と石積み ・Water Harvesting による植林 ・畦畔築立
緩傾斜地	0～2°	崩落土が広がって薄く堆積した部分で、ほとんどの農業利用はここで行われる	上流部から流下する雨水を浸透、若しくは安全に流下させ浸食から保護する	・畦畔築立 ・生垣による農地の区画化 ・等高線畝、ザイ ・畑地内植林

(2) 住民参加へのアプローチと参加の状況

a) 住民説明会

住民による土壌侵食の現状認識と対策実施の必要性理解のため、それぞれの集落ごとに説明会を開催した。また、対策の実施に必要な技術指導と機材提供を行うこととした。この説明会において、個々の住民の自覚を喚起するために、特に次の事に重点をおいて説明した。

- JGRC は最小限の機材と技術は提供するが、こうした支援は一定期間をもって終了すること
- このため、地域住民は短期間で必要な技術を習得し、かつ継続的な共同作業を行うための仕組みを確立しなければならないこと
- これらの支援や習得した技術を活用して自らの生産基盤を保全することができるのは住民自身の継続的な努力だけであること

b) 技術研修と資材の提供

住民による話し合いで各集落 5 名（集落の規模に従って 4 名あるいは 6 名）の若者が、技術研修受講生として選定された。技術研修は 99 年 1 月に 3 日間にわたって実施し、パネルやテキストを用いて簡易水準器の操作や石材の集積・運搬・敷設等に関する技術教育を行った。

また、JGRC は、A 字型簡易水準器、ツルハシ、下刈り鎌を調達し、各集落に提供した。なお、石材の集積運搬に用いる口バ車は、作業に参加する住民が無償で持ち寄ることにした。

c) 住民参加の状況

技術研修終了後、総勢 30 名の技術研修受講者を中心に、それぞれの集落ごとに住民参加で保全対策活動が開始された。JGRC は各集落の作業進捗状況や参加人数を把握し、その結果を他の集落にも知らせた。その結果、図らずもそれぞれの集落間で競争意識が生まれて参加人数や作業量を競い合うようになり、果たして住民参加が促進された。

2000 年 6 月にある村で実施した保全活動は、のべ 100 名ほどの住民参加で 1,400m の石畦を設置し、また他の集落では同じく 40 名ほどの参加で 260m の石畦を設置した。

(3) 対策の効果

各集落の丘陵斜面に設置した石畦工は、それぞれの延長が数 km に及ぶ長大なものである。石畦の高さは、流出水の勢いに耐えうるようおよそ 25cm を標準としている。石畦の設置により降雨流出水の浸透促進や表土の流亡抑止が図られ、植生の回復が見られた。



石畦の設置状況

石畦上流側に細粒土が堆積し植生が回復

5.2 リル・ガリ対策

5.2.1 土嚢を用いたリルの成長抑制対策

1) 対策の概要

JGRC がマゲー村に設置した試験圃場内のミレット畑で、雨季の降雨流出による洗掘で生じたリルの拡大を抑制するため、植物の種子を混入した土嚢による農地保全対策を実施した。ミレット畑の傾斜度は約 3° で、後背地流出面積はおよそ 1~2ha 程度である。対策を実施したリルは 3 筋で、それぞれの侵食の程度は、30cm × 数 m ~ 80cm × 1.2m (深さ × 幅) 程である。

対策に土嚢を用いたのは、周辺で十分な量の石材を採取できないためである。土嚢はナイロン製ジューツ袋で、内部には重量比で 5~10% の堆肥を混入した土を充填した。こうした土嚢を、対象とするリルの幅に合わせて一列に設置し、雨季開始時に土嚢に穴をあけアンドロポゴンの種子を埋め込んだ。



土嚢列の設置状況



数回の降雨後の発芽状況

2) 対策の効果

この対策は、99年の雨季に先立って実施した。雨季初頭のアンドロポゴンの発芽率は3～6割程度であったが、成長に伴って土嚢を固定し、流水減勢効果が向上した。雨季中盤以降になって、土嚢列の直下流では越流水や隙間からの射流で一部洗掘が見られたものの、いずれの土嚢列の後背にも10～15cm程度の厚さで滞砂し、リルの成長を抑制した。なお、充填した壤土中に堆肥が多いものは、堆肥の分解に伴う発熱によって、アンドロポゴンが発芽する以前にナイロン製ジュート袋を溶かすという問題があった。また、洗掘が進んでガリと呼べるほどに深くなったリルでは、流出水で部分的に土嚢列が押し流されることもあった。こうしたことからこの方法は、比較的流出面積が小さく傾斜度が緩い斜面の初期段階のリルに効果的である。

5.2.2 生垣とストーンラインを用いたリルの回復

マリ国セグー5ヶ村での保全対策は5.1.3で紹介したように、丘陵斜面では石畦設置による流出水の抑制対策を住民参加で実施し、これより下流の耕作地及び途中の緩斜面のリル対策は各耕作者個人で対応することとした。



丘陵からの降雨流出で出来たリル



リルに設置された石畦の列



移植直後のブルゲールの生垣



定着した生垣は減勢効果を発揮



深さ 50cm ほどに洗掘を受けたリル



1 年後の状況（滞砂が進み畑に戻った）

リル対策は、流出水の流速を減じて浸透の促進と流砂の堆積を図り、自然植生の回復と下流耕作地への流出を制御しようとするものである。ここで採用した対策工法は3種類あり、一つは近傍で石材が容易に採取できる場合に、リルの幅に応じた5～10mほどの長さのストーンラインを20～30m間隔で設置するもの。二つ目の工法は石材の採取が困難な所で、生垣を同様の幅と間隔で設置するもの。残る一つは粗朶柵である。生垣に用いた樹種は、主にユーフォルビア、ブルゲール、シザールであり、これらは、枝分けすることで増殖が可能である。

耕作地内では、主として粗朶柵と生垣を用いた。粗朶柵は大量の流出水があった場合その効果を発現しないで流失することがあり、また、杭や又キに用いた枝にシロアリがとりついて捕食するため耐用期間は極めて短い。一方、生垣が定着した場合の効果は大きく、深さ50～80cm、幅3～5m程度に発達したリルを翌年に耕作可能な状態まで回復させている。

生垣による対策は、地域の降雨量や地質など生育環境に適合する樹種を選択して、苗木の購入や栽培を行うことが必要であるが、傾斜度が極めて緩やかな砂質土系の耕作地でのリルに対しては効果が大きい。

5.2.3 フトン簗によるガリ対策

1) 対策の必要性

ニジェール国マゲー村に設置したマゴダム貯水池周辺では、隣接する2つの村の住民が氾濫源の減水栽培や水稻作を行っている。一方、およそ85,000m³の容量を有するマゴダム貯水池は、後背地からの流入土砂による年間1,400m³の滞砂で寿命数十年間と見込まれているが、後背地の裸地化や土壌浸食を放置した場合には土砂流入量が増加して寿命はさらに短くなる。このため、後背地での農地保全対策の必要性が2つの村の住民によって認識され、5.1.1で紹介したマゲー村農村整備モデル計画に基づく活動の一環として、まずダムに流入するワジの砂防対策を開始した。

2) 対策の概要

ワジの砂防対策として、マゴ川本流に5ヶ所、支流に8ヶ所の、フトン簗による床止め工を設置することとした。床止め工は、ワジを流れる水の流速を抑制し、河床への滞砂を促進することで貯水池への土砂流入を防止する目的で設置する。床止め工の設置個所は、ワジの勾配や幅を考慮して、土砂の貯留容量が十分確保できる場所を選定した。なお、地域住民の要請を踏まえ、ワジ横断道路としての機能の兼備も図った。

対策の実施に必要な石材運搬用トラックの調達とフトン簗及び雑資材はJGRCが提供し、石材集め・積み卸し、床止め工基礎掘削、フトン簗設置、石詰め及び付帯工事等の作業は住民参加で行った。

3) 住民参加の状況

上記の13ヶ所の床止め工のうち5ヶ所については2000年1月に実施した。作業は2班に分けて進め、それぞれの班に石工を配置して作業の指導にあたらせた。この作業に参加した住民の数は、それぞれ20日間のべ1,029人・日（日平均51名）と9日間のべ140人・日（日平均16名）であった。

床止め工の設置作業自体は単純であるが、多くの人間を動員し、適切に作業分担して機能的に連携することが必要であり、これは組織的な行動の経験が無い住民にとっては、容易なことではない。にもかかわらず、自らの努力でこれを実現した参加住民は自分たちの活動に自信を持つに至り、その後自分たちの力だけで追加工事を進めている。



基礎掘削



基礎掘削完了



洗掘防止シート敷設



フトン籠組み立て



石詰作業



完成

5.3 Water Harvesting

5.3.1 半月工法

1) 整備内容

5.1.1 で紹介したニジェール国マグー村のエダ沼周辺対策として、裸地化が進んだ後背地に設置した石畦の列の中間に、100 個の半月工法を併せて実施した。

半月工法は、深さ 20cm 直径 4m 程の半円形の穴を掘り、その縁の部分に掘削土を盛り立てて畦を設置した。また、石畦と併用したことから、それぞれの半月堤は 3~4m の間隔をあけ独立させた。半月の内部には家畜の飼料木を植えた。

2) 作業の実施と効果

半月工法は 1999-2000 年乾季に、既述の石畦設置と同時に住民参加で行った。参加者数や道具の数量及び苗木の購入費は、表 5.1.1.1 及び「5.1.1 3) 住民参加の状況」を参照。

飼料木は植え付けられたばかりであり、半月工法の設置による具体的な効果はまだ十分に現れてはいないが、雨季の開始に伴って植生が回復し始めている。



半月工法の内部と縁に回復し始めた植生

5.3.2 ザイ

5.1.1 で紹介したニジェール国マゲー村の農村開発モデル計画の一環として、マゲー村テロワールのうち裸地化が進んだ区域の一部でザイを行っている。1999 年の雨季には 20 戸の農家がおよそ 8,000 個のザイを実施した。ザイの技術的な概要は「3.2.3 農地の保全法」で紹介した。



ストーンラインと併せて行ったザイ



発芽したミレット

5.4 耕作地内の農地保全対策

上記のほか、マゲー村の農村開発モデル計画の一環として個人の耕作地で行っている保全対策を以下に紹介する。

1) 枯れ枝や収穫残渣による表流水制御



耕作地内の水みちに枯れ枝を敷き並べる程度の簡易な方式であるが、リル発生初期段階であって流出量が小さい耕作地では、表土流亡防止効果がある。



枯れ枝の列は、10～20m程の間隔で複数設置すると効果的である。

2) 捨石による小規模なガリ対策



耕作地内で発生したガリには、流路に石を投入して流出水の流速を減勢し、滞砂の促進とガリの拡大を抑制した。捨石は、複数列設置すると効果的である。



滞砂が進んで回復しつつあるガリ

3) 土嚢による小規模なガリの成長抑制対策



石材の調達が困難なところでは、ガリの流路内に土嚢を積んで滞砂促進とガリの拡大を抑制した。ただし、流出量が大い時に土嚢を押し流すことがあり、土嚢の長辺を流れの方向と平行に設置したり複数の土嚢を並べて底幅を広げたりするなど工夫した。また、土嚢にアンドロポゴンの種子を植え付けて減勢効果の向上や土嚢の安定化を図った。

参考引用文献

- Ahn, P.M. , 1970. West African Soils. West African Agriculture vol.1. Oxford University Press: 332.
- Agbenin, J.O. and T.J. Goladi, 1997. Long-term soil fertility trend in the savanna as influenced by farmyard manure and inorganic fertilizer. Soil fertility management in West African land use systems: Proceedings of regional workshop. University of Hohenheim, ICRISAT Sahelian Center and INRAN: 4-8 March 1997, Niamey, Niger. Margraf Verlag: 21-30
- Bationo, A., S.H. Chien, J. Henao, C.B. Christianson and A.U. Mokwunye, 1990. Agronomic evaluation of two unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to Niger. Soil Sci. Soc. Am. J. 54:1772-1777
- Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken eds., 1980. Soil genesis and classification. The Iowa State University Press, Ames:404.
- Carucci, R., 1989. Aperçu sur l'approche territoriale et méthodologies d'intervention dans la lutte contre la désertification de l'arrondissement de Keita. Pour le séminaire organisé par l'INRAN et le Programme Engrais Nigérien du 20 au 24 Février 1989 à Tahoua, République du Niger
- Casenave, A. and C. Valentin, 1992. A runoff capability classification system based on surface features criteria in semi-arid areas of West Africa. J. Hydrol. 130: 231-249.
- Chase, R.G., J.W. Wendt and L.R. Hossner, 1989. A study of crop growth variability in sandy Sahelian soils. Soil, crop and water management systems for rainfed agriculture in the Sudano-Sahelian zone. Proceedings of an International Workshop, 11-16 January 1987, ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger:229-240.
- Eldridge, D.J. 1994. Nests of ants and termites influence infiltration in a semi-arid woodland. Pedobiologia 38: 481-491
- Elkins, N.Z., G.V. Sabol, T.J. Ward and W.G. Whitford, 1986. The influence of subterranean termites on the hydrological characteristics of a Chihuahuan desert ecosystems. Oecologia 68: 521-528
- FAO 1991. Resume des résultats des tests du Programme Engrais Nigerien. AG: GCPF/NER/020/DEN, Document de travail No.4.
- Hafner, H., E. George, A. Bationo and H. Marschner, 1993. Effect of crop residues on root growth and phosphorus acquisition of pearl millet in an acid sandy soil in Niger. Plant and Soil 150:117-127
- Jone, M.J. and A.Wild, 1975. Soils of the West African Savanna. Technical Communication No.55. Commonwealth Bureau of Soils, Harpenden, England.246
- Joshi, N.L. and A.V. Rao, 1989. Availability of phosphate and potassium as the result of interactions between root and soil in the rhizosphere. Z.f.lanzenernaehr. Bodenkd 149: 411-427
- Lal,R., 1993. Soil erosion and conservation in West Africa. World soil erosion and conservation (Primentel, D ed.). Cambridge University Press: 349.
- Leonard, J. and J.L. Rajot, 1997. Restoration of infiltration properties of crusted soils by mulching. Soil fertility management in West African land use systems: Proceedings of regional workshop. University of Hohenheim, ICRISAT Sahelian Center and INRAN: 4-8 March 1997, Niamey, Niger. Margraf Verlag:191-196
- Lobry de Bruyn, L.A. and A.J. Conacher, 1990. The role of termites and ants in soil modification: A review. Australian Journal of Soil Research 28: 55-93
- Ly, S.A., N. van Duivenbooden, C.L. Biellers, A.S. Gouro and K. Anand Kumar eds. 1997. Technologies diffusables et transférables aux producteurs. Actes des Ateliers cojoins INRAN-ICRISAT sur les technologies diffusables et transférables aux producteurs, 21-22 Novembre 1996 et 5-6 Juin 1997, Centre Sahélien de l'ICRISAT, Sadoré, Niger.
- Mando, A.L., L. Stroosnijder and L. Brussaard, 1996. Effects of termites on infiltration into crusted soil. Geoderma 74: 107-113.
- Martin, P., A. Glatzle, W. Kolb, H. Omay and W. Schmidt, 1989. N₂-fixing bacteria in the rhizosphere: Quantification and Hormonal effect on root development. Z. Pflanzenernaehr. Bodenkd 152: 237-245
- PASP 1999. Presentation du PASP.
- Payne, W.A., C.W. Wendt and R.J. Lascano, 1990. Root zone water balances of three low-input millet fields in Niger, West Africa. Agron. J. 82: 813-819
- Reji, C., 1989. The present state of soil and water conservation in the Sahel. OECD, 23-26
- Stahr, K., L. Herrmann and R. Jahn, 1994. Long distance dust transport in the Sudano-Sahelian zone and the consequence for soil properties. Wind erosion in West Africa: Proceedings of the international Symposium, University of Hohenheim, Germany, 5-7 December 1994. 23-34.
- Sterk,G. and L. Stroosnijder, 1997. Optimizing mulch application for wind erosion protection in the Sahel. Soil fertility management in West African land use systems: Proceedings of regional workshop. University of Hohenheim, ICRISAT Sahelian Center and INRAN: 4-8 March 1997, Niamey, Niger. Margraf Verlag: 185-189

- Wani, S.P., S. Chandrapalaih, M.A. Zambre and K.K. Lee, 1988. Association between N₂-fixing bacteria and pearl millet plants: Responses, mechanisms and persistence. *Plant and Soil* 110: 289-302
- Yacouba, M., C. Reij and R. Rochette, 1995: Atelier de restitution sur la gestion des terroirs et le developpement local au Sahel, Niamey, 30 Mai-2 Juin 1995. Club de Sahel, SAH/D(95)448
- Wilding, L.P. and L.R. Hossner 1989. Causes and effects of acidity in Sahelian soils.