



**HAL**  
open science

# Le milieu semi-aride de la Russie au défi des remontées désertiques

Laurent Touchart

► **To cite this version:**

Laurent Touchart. Le milieu semi-aride de la Russie au défi des remontées désertiques. Les milieux naturels de la Russie, une biogéographie de l'immensité, L'Harmattan, pp.367-414, 2010, 978-2-296-11992-5. hal-03739133

**HAL Id: hal-03739133**

**<https://hal.science/hal-03739133>**

Submitted on 27 Jul 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Touchart L. (2010) « Le milieu semi-aride de la Russie au défi des remontées désertiques » in *Les milieux naturels de la Russie, une biogéographie de l'immensité*. Paris, L'Harmattan, 460 p. : pp. 367-414.**

Pour HAL :

- mise en page différente de celle de l'éditeur
- ajout d'un résumé et de mots-clefs

# Le milieu semi-aride de la Russie au défi des remontées désertiques

Par Laurent TOUCHART  
Université d'Orléans

## Résumé :

La plaine Caspienne et ses marges constituent l'un des milieux arides les plus septentrionaux du monde, dépassant le 48° parallèle. Ces déserts et semi-déserts, qui couvrent entièrement la république de Kalmykie et l'oblast d'Astrakhan, débordent sur les régions de Volgograd, Rostov et Stavropol, ainsi que sur la république du Daghestan. Ce sont 200 000 km<sup>2</sup> du territoire russe qui souffrent ainsi d'un manque d'eau crucial, et même près d'un million de km<sup>2</sup> si l'on y inclut les steppes sèches. Face à la pénurie d'eau, les plantes développent des adaptations qui doivent aussi tenir compte de la contrainte du froid de l'hiver. Les xérophytes sont donc aussi des cryophytes. Le nombre d'espèces résistant au cumul des deux contraintes est réduit, bien que la longue saison froide ait l'avantage de réduire les pertes par évaporation, favorisant les plantes à enracinement profond. Pour la vie végétale et animale, le printemps est la bonne saison, celle du développement des feuilles des xérophytes à dimorphisme foliaire, de la mise en réserve de l'eau par les succulentes et de la poussée des plantes éphémères qui fournissent les pâturages temporaires de Kalmykie.

En tant que milieu extrême, le désert russe voit les conditions pédologiques locales prendre une grande importance, expliquant pour l'essentiel la mosaïque des habitats. Ces sols salins ou alcalins perturbent la disposition zonale qui, sans eux, ferait passer du nord au sud du semi-désert, où une maigre steppe laisse voir des plaques nues de sol châtain clair, au désert vrai, où quelques armoises et autres plantes xérophiles arrivent à se satisfaire d'un sol brun steppo-désertique à niveau carbonaté induré. Que ce soit en semi-désert ou en désert vrai, les sols salés restent à nu ou sont colonisés en partie par des plantes spécialisées, halophytes et gypsophytes. Les types de sols halomorphes sont liés entre eux, pouvant conduire de l'un à l'autre dans le temps et l'espace. L'augmentation du lessivage et la différenciation des horizons provoquent le passage des *solontchaki* aux sols à alcalis, puis aux *solontsy* et aux *solodi*. Les sables forment un autre milieu édaphique azonal, où peuvent pousser quelques plantes fixatrices, les psammophytes. On rencontre des paysages de dunes de sable, les *peski*, à l'est de la région d'Astrakhan et de la Kalmykie, ainsi qu'au nord-ouest du Daghestan. Étant donné la situation septentrionale du désert russe, qui limite l'évaporation, les sables, dans lesquels l'eau s'infiltre, offrent des réserves d'eau profondes, parfois utilisables dans certaines dépressions. Mais la grande chance du désert russe situé au nord-ouest de la mer Caspienne est d'être arrosé par un grand fleuve bordé d'une oasis, la Volga. Des chênaies, poursuivies au sud par des ormaies et des peupleraies, ainsi que des prairies alluviales y croissent de façon naturelle.

Les fortes contraintes naturelles du désert Caspien ont rendu sa mise en valeur difficile par la société russe et, en retour, ce milieu fragile montre des signes de dégradation de son environnement. Aux campagnes de bonification des sols halomorphes et au développement de l'irrigation a succédé la salinisation de terres nouvelles, dépassant le milieu désertique initial pour remonter vers le nord en zone de steppe. Les tempêtes de poussière en sont l'une des manifestations. La lutte méthodique contre la déflation et l'avancée des sables a baissé par rapport à la période soviétique mais la superficie des aires protégées a fortement augmenté. C'est ainsi que le parc naturel régional du lit d'inondation de la Volga et de l'Akhtouba tente de promouvoir un développement respectueux de l'environnement dans l'oasis la plus riche du désert russe.

**Mots-clés :** xérophyte, sol halomorphe, solontchak, solonets, Kalmykie, désert Caspien, oasis de la Volga.

## Introduction

« Après la guerre du gaz, la guerre des chameaux aura-t-elle lieu ? » titrèrent plusieurs journaux français en février 2009, alors que l'Ukraine interdisait la traversée de son territoire à des chameaux russes achetés par la Bulgarie. Le mérite de ces articles était de placer sous les feux de l'actualité la zone biogéographique la plus méconnue de la Russie par le grand public européen. Les géographes occidentaux connaissent quant eux l'importance qu'avait cet espace pour la Russie tsariste, puis l'URSS, mais ont souvent été plus préoccupés, Aral aidant, par l'hydrologie, le climat ou la géomorphologie. La biogéographie et la pédologie sont pourtant les disciplines géographiques dans lesquelles les travaux russes concernant le milieu aride sont les plus renommés à l'échelle internationale. Après avoir vanté les mérites des recherches américaines et françaises en géomorphologie désertique, Jean Demangeot (1981, p. 10) n'hésitait pas à écrire que « les Russes, eux, sont plutôt spécialisés dans la biogéographie désertique ».

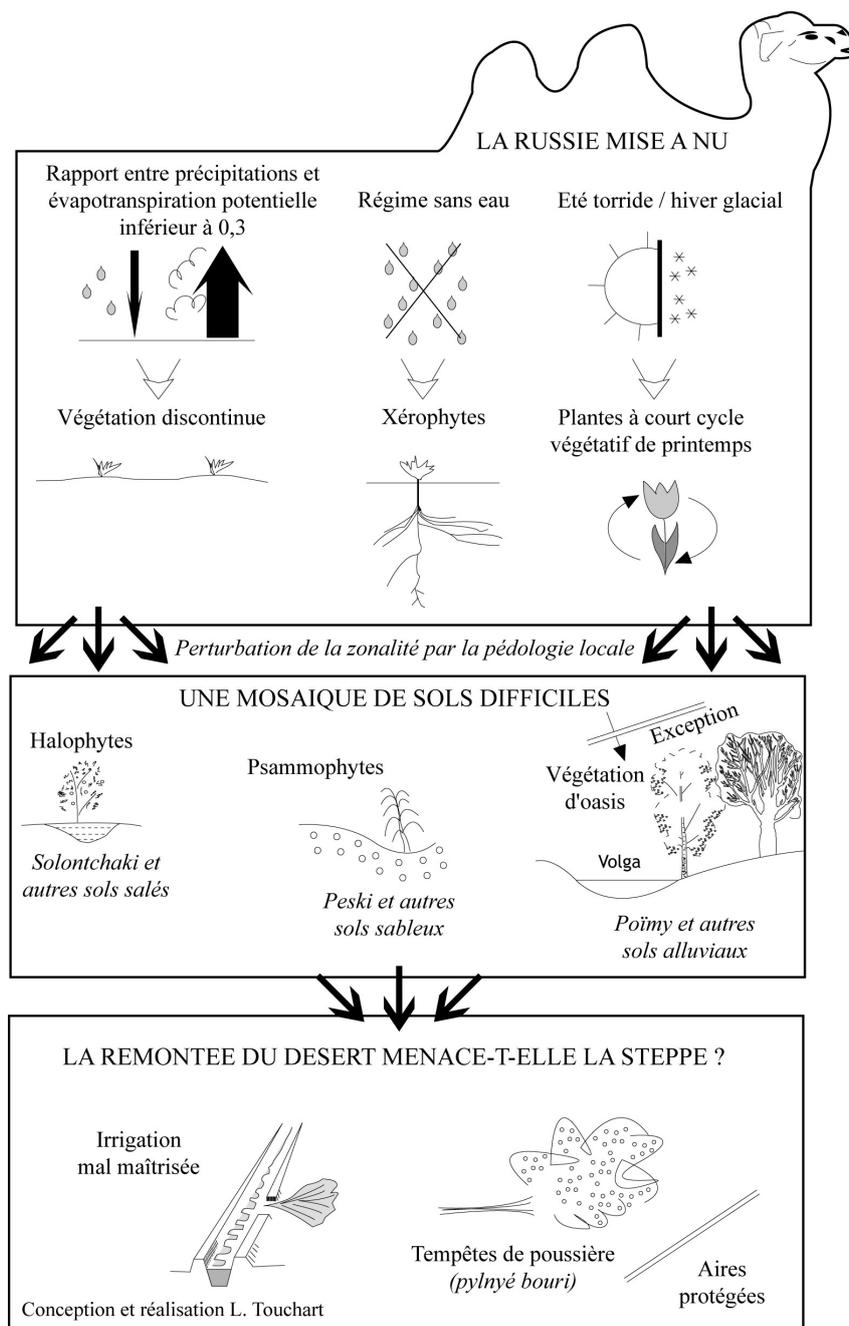


Fig. désert 1 : Le désert russe, caricature géographique

Mais cette analyse, fondée sur un territoire soviétique où l'Asie Centrale couvrait quatre millions de kilomètres carrés, est-elle encore d'actualité ? Depuis l'indépendance de ces républiques en 1991, l'enjeu de l'aridité n'a-t-il pas été évacué des problèmes russes ? La superficie concernée n'est-elle pas aujourd'hui négligeable et la localisation marginale ? Et s'il reste utile d'étudier le désert russe, est-ce un vrai milieu aride ? La position très septentrionale, à l'échelle de la planète, du désert caspien atténue-t-elle les contraintes pour les plantes ou les augmente-t-elle ? La végétation connaît-elle des contrastes géographiques brutaux ou une simple dégradation zonale ? La Russie possède-t-elle des oasis ? La salinisation des terres est-elle une question de nature ou de société ? Faut-il conquérir ces terres rudes et fragiles ? Les abandonner à elles-mêmes ? Les protéger ?

Pour tenter de répondre à ces importantes questions, du moins les dernières citées, puisque tout le monde savait avant même de l'avoir posée que la guerre des chameaux n'aurait jamais lieu, il convient de s'attacher d'abord à la délimitation de la zone biogéographique semi-aride de la Russie et à son écologie, puis d'insister sur le rôle majeur de la mosaïque pédologique et, enfin, de présenter les contraintes biogéographiques de ce milieu pour la société russe. De ce dernier point de vue, un certain nombre de problèmes sont communs à la zone de steppe et à celle du désert. En effet, la limite entre les deux n'est pas si nette et, en outre, certaines difficultés d'aménagement de celle-ci débordent sur celle-là. Il a été décidé de les toutes regrouper dans ce chapitre.

## 1. La Russie mise à nu

Dans un transect allant du nord au sud, le milieu semi-aride est le plus méridional de Russie, du moins dans la partie européenne, où la frontière politique ne tronque pas la zonation et où les montagnes ne compliquent pas la situation. La Plaine Caspienne n'est cependant pas le Kara Koum et il conviendra d'abord de se poser la question de l'existence même d'un vrai cinquième milieu biogéographique de la Russie ou bien d'une simple dégradation de la zone steppique. Une fois les critères justifiés, sinon admis, il sera focalisé sur la réponse des plantes et des animaux au grand problème de l'aridité : le manque d'eau. Ce dernier sera aussi, dans un troisième temps, le fil directeur de l'étude du sol zonal de ce milieu.

### 1.1. La Russie possède-t-elle de vrais déserts ?

« La limite des régions désertiques est fort difficile à tracer et c'est souvent la végétation elle-même qui constitue le meilleur critère de différenciation » (Huetz de Lempis, 1994, p. 155). L'aridité est définie par des critères climatiques<sup>1</sup>, mais la biogéographie et la pédologie permettent de distinguer la zone semi-aride de la zone steppique.

#### 1.1.1. Le critère végétal : une couverture discontinue

Au sens russe, la zone de steppe (*stepnaïa zona*) correspond à un ensemble de formations végétales, steppe boisée, steppe vraie et steppe sèche, ayant toutes le point commun de couvrir entièrement le sol, d'où leur caractérisation en tant que prairie dans le vocabulaire biogéographique général français. Cela signifie que, quand le paysage s'ouvre, donc devient une steppe au sens français, on a alors quitté la zone de steppe au sens russe pour entrer dans la zone des semi-déserts et déserts.

En effet, dans la définition russe classique, celle de L.S. Berg, la zone du semi-désert (*poloupoustynnaïa zona* ou, simplement, *poloupoustynia*) concerne les terrains où poussent des formations ouvertes dont le taux de recouvrement oscille entre 99 et 50 % et la zone du désert (*poustynnaïa zona* ou *poustynia*) des espaces dont les formations sont couvrantes à moins de 50% : « tandis que, dans les steppes, la végétation forme généralement un tapis ininterrompu, on peut, dans les semi-déserts, apercevoir entre les plantes des intervalles de terre nue ; toutefois, ce qui n'est pas le

---

<sup>1</sup> Selon A.N. Zolotokrylin et E.A. Tchrenkova (2009), les terres sèches (*zassouchlivyï zemli*), définies par l'indice d'humidité fondé sur l'évapotranspiration de Thornthwaite, couvriraient près 700 000 km<sup>2</sup> dans la Fédération de Russie. Plus précisément, la Russie d'Europe compterait 430 000 km<sup>2</sup> et la Sibérie 240 000 km<sup>2</sup> de terres sèches (Zolotokrylin, 2009).

cas pour les déserts, la superficie couverte de plantes est plus importante que celle qui en est dépourvue » (Berg, 1941, p. 121)

L'affaire se complique quelque peu quand on sait que les auteurs russes appellent « steppe désertique » (*poustynnyé stepi*)<sup>2</sup> ou « steppe à absinthe<sup>3</sup> » la formation végétale qui pousse dans la zone du semi-désert. La logique est respectée dans le sens où la zone de steppe concentre la steppe au sens strict, sans épithète. Elle l'est moins si l'on considère qu'une steppe, si elle est affublée d'un adjectif, n'est plus une steppe. Il s'ensuit un certain flottement lexical, qui n'est pas moins grand que celui qui existe en français entre la steppe au sens de la géographie générale et la steppe au sens de la géographie régionale.

### 1.1.2. Le critère pédologique : des sols à faible coefficient d'humidité

Le critère du taux de couverture végétal n'étant pas forcément utilisé par tous les auteurs<sup>4</sup> d'une manière aussi stricte que celle de L.S. Berg, il est important de croiser quelques autres signes distinctifs, en particulier pédologiques. Après quelques hésitations dans l'entre-deux-guerres<sup>5</sup>, la plupart des géographes russes se sont mis d'accord sur le fait qu'on quittait la zone de steppe, en direction du sud, en sortant des sols châtain au sens strict.

La zone de semi-désert est clairement définie par une couverture pédologique de *svetlo-kachtanovyé potchvy*. En effet, « les sols châtain clair sont spéciaux à la zone des semi-déserts » (Berg, 1941, 112), cependant que les sols halomorphes prennent une grande place. Dans ce semi-désert, les sols châtain clair se forment sous des conditions de forte domination de l'évaporation, provoquant des flux ascendants dans le sol. Le coefficient d'humidité (*Koeffitsient ouvlajnénia*), utilisé par les Russes en pédologie sous forme du rapport entre les précipitations et l'évapo-transpiration potentielle, serait compris entre 0,33 et 0,17 selon Triochnikov (1988 p. 236), entre 0,35 et 0,25 d'après Rakovskaïa et Davydova (2003, p. 220), pour qualifier le semi-désert. Les géographes russes font donc commencer le semi-désert au-delà d'un seuil nettement plus sec que la classification du climat semi-aride de l'Organisation des Nations Unies<sup>6</sup>.

Selon la définition pédologique russe classique, on quitte la zone du semi-désert en laissant derrière soi le sol châtain clair, pour entrer dans la zone du désert quand il s'agit dudit sol brun steppo-désertique (*bouraïa poustynno-stepnaïa potchva*). Malgré son nom, celui-ci ne porte pas la steppe désertique de la classification biogéographique russe, mais la végétation désertique typique. L'ensemble est compliqué par l'importance des sols halomorphes portant une végétation formée d'halophytes.

---

<sup>2</sup> Terminologie classique russe reprise jusqu'à aujourd'hui, par exemple chez Rakovskaïa et Davydova (2003). Certains géographes français l'ont importé dans notre langue : « On désigne en URSS sous le nom de steppe désertique [...] une formation ouverte, avec des plaques de sol nu pouvant atteindre plusieurs mètres chacune » (Tricart, 1969, p. 49).

<sup>3</sup> Selon l'expression consacrée de la géographie soviétique, transcrite en français à partir de l'ouvrage de Berg (1941). Martchenko et Nizovtsev (2005) parlent précisément de steppes méridionales à absinthe (*polynno-dernovinnnyé youjnyé stepi*).

<sup>4</sup> « Dans la composition du tapis végétal des steppes désertiques une part nettement plus importante que celles qu'ils ont dans les steppes typiques appartient aux éphémères annuelles ainsi qu'aux mousses et lichens, ce qui explique une densité moindre de couverture (40 à 50 %) » (Rodine, 1956, p. 216). Dans « la steppe désertique [...] en moyenne, le taux de couverture tombe à 40-50 % » (Tricart, 1969, p. 49-50).

<sup>5</sup> « J'avais attribué la bande septentrionale des sols châtain clair à la zone des steppes, mais aujourd'hui, après les recherches faites par Néoustrouïev (1928), je la considère comme faisant partie des semi-déserts » (Berg, 1941, p. 122).

<sup>6</sup> Rappelons que l'UNESCO, qui, à la suite des travaux de Thornthwaite, a choisi le quotient des précipitations sur ETP comme indice d'aridité pour confectionner sa carte mondiale, définit un climat semi-aride si ce rapport est inférieur à 0,5 et aride s'il est inférieur à 0,2. Une grande partie de la zone de steppe russe est ainsi semi-aride et une proportion importante du semi-désert est aride.

### 1.1.3. Une nuance russe : la différence entre semi-désert et désert

Zone	Taux de couverture végétale	Formation végétale	Sol dominant
<i>Steppe (pour rappel)</i>	100 %	Steppe sèche	Châtain
<i>Semi-désert</i>	99 à 50 %	Steppe désertique (Rodine, Rakovskaïa) Steppe méridionale à Armoise (Martchenko) Steppe à absinthe (Berg)	Châtain clair
<b>Désert</b>	49 à 0 %	Désert à Armoise (Martchenko)	Brun déserto-steppique

Tableau *Typologie des milieux biogéographiques désertiques russes : essai de synthèse*

Le vocabulaire synthétisé est en particulier celui de Berg (1941), Rodine (1956), Triochnikov (1988), Rakovskaïa et Davydova (2003), Martchenko et Nizovtsev (2005).

En résumé, pour les Russes, le semi-désert (*poloupoustynia*) est un domaine zonal où des steppes désertiques (*poustynnyé stepi*) poussent sur des sols châtain clair (*svetlo-kachtanovyé potchvy*). Quant au désert (*poustynia*), c'est un espace où quelques Armoises et autres plantes désertiques (*polynnyé sévernyé poustyni*) sont susceptibles de croître sur un sol brun steppo-désertique (*bouraïa poustynno-stepnaïa potchva*).

Ainsi définie, l'ensemble de la végétation et des sols du semi-désert couvre le sud-est de la Russie d'Europe, commençant à l'est du 45° méridien. A l'échelle de la Russie d'Europe, c'est un milieu non seulement méridional, mais aussi oriental. Au sud de la Volga, sa limite classique, marquée dans le paysage, se trouve être le rebord des monts Erghéni au-dessus de la Plaine Caspienne. Mais, selon certains auteurs, elle déborde ce massif. Au nord de la Volga, elle monte jusqu'au 48° parallèle dans sa délimitation la plus stricte, mais elle atteint presque le 50° dans son acception la plus large. Cela en fait l'un des milieux les plus septentrionaux de la planète touchés par l'aridité. La république de Kalmykie et l'oblast d'Astrakhan se trouvent entièrement dans la zone biogéographique du désert et semi-désert, laquelle déborde aussi sur les *oblasti* de Volgograd, Rostov et Stavropol, ainsi que sur la république du Daghestan. Au sens le plus strict, ce sont ainsi 200 000 km<sup>2</sup> de la Russie d'Europe qui sont concernés. Si l'on ajoute les 800 000 km<sup>2</sup> de steppe sèche européenne et sibérienne sur sol châtain, qui entrent entièrement dans le milieu semi-aride défini par l'UNESCO, la Russie compte environ un million de kilomètres carrés de terres subissant fortement les contraintes de sécheresse à été torride et hiver froid. Si l'on prend une définition plus large encore, s'appuyant sur un indice d'aridité inférieur à 0,75 et les recommandations de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (KBOOON en abréviation russe), la Fédération de Russie pourrait même compter un million six cent mille kilomètres carrés de terres sèches (Glazovskij, 2002, cité par Zolotokrylin, 2009), voire deux millions cent mille kilomètres carrés de terres menacées par la désertification (Petrov, 2005). Mais on glisse ici de l'état de semi-désert à l'évolution dynamique de la désertification, l'*opoustynivanié* des Russes, que les géographes étudient sous l'angle du risque (Kotliakov, Dir., 2009). Quoi qu'il en soit, on comprend ainsi que la chute de l'URSS n'ait pas exempté la Fédération de Russie de cette brûlante question et ne l'ait pas réservée aux seules républiques nouvellement indépendantes d'Asie Centrale.

## 1.2. L'adaptation des êtres vivants au manque d'eau estival et au froid hivernal

La steppe désertique, végétation propre au semi-désert, a la caractéristique de mêler des plantes steppiées, en particulier certaines Graminées, et des plantes proprement désertiques, ces dernières étant les seules à subsister dans la zone de *poustynia*. Toutes développent un certain nombre de traits physiologiques et morphologiques, pour tenter de répondre au déficit hydrique dans le sol. L'idée maîtresse est donc l'adaptation au manque d'eau (*prispossoblénié k nédostatkou vlagui*), dans l'environnement semi-désertique russe où les précipitations annuelles tournent autour de 250 à 300 mm par an pour une évapo-transpiration potentielle trois à six fois plus élevée, ou bien dans le milieu désertique russe où les précipitations sont généralement comprises entre 150 et 250 mm par an<sup>7</sup>. A cette contrainte majeure s'ajoute la particularité russe d'un hiver froid, susceptible de gêner aussi les plantes et les animaux.

### 1.2.1. Les xérophytes des strates herbacée et suffrutescente

La strate herbacée, encore très développée dans la steppe sèche, garde une certaine importance dans le semi-désert. Elle est formée de Graminées, dites cespitueuses parce qu'elles poussent en touffes séparées les unes des autres par des plaques de sol nu, qui montrent un certain nombre d'adaptations à la sécheresse. La Fétuque du Valais (*Festuca sulcata valesiaca, tiptchak*) se trouve partout, au point qu'elle est considérée comme la Graminée la plus caractéristique du semi-désert (Berg, 1941). Les Stipes restent importantes. Au delà de la Volga, dans le semi-désert du nord, c'est-à-dire la Transvolgie de l'oblast de Volgograd, l'espèce caractéristique est *Stipa sareptana*. En-deçà de la Volga, dans le semi-désert du sud, le marqueur est plutôt *Stipa lessingiana* (Martchenko et Nizovtsev, 2005). La Koélerie grêle (*Koeleria gracilis*) et plusieurs espèces de Chiendent (*Agropyrum, jitniak*) complètent le peuplement des Graminées xérophiles (Rodine, 1956), en particulier le Chiendent du désert (*Agropyrum desertorum, jitniak poustynny*) et le Chiendent de Sibérie (*Agropyrum sibiricum* ou *A. fragile, jitniak sibirski*).

La strate suffrutescente<sup>8</sup> du semi-désert et du désert russe est formée par de petits buissons xérophiles, dits aussi « sous-arbrisseaux » en français (Rodine, 1956, p. 216, Elhaï, 1967, p. 53, Tricart, 1969, p. 50), que les Russes nomment *poloukoustarnitchki*. Ces buissons forment surtout, en Russie comme dans toute l'Asie Centrale, des « peuplements suffrutescents inermes » (Rougerie, 1988, p. 56), c'est-à-dire des paysages de sous-arbrisseaux non épineux. En effet, le genre de loin le plus représenté se trouve être l'Armoise<sup>9</sup> (*Artemisia, polyn*). Cette Composée, qui pousse plutôt comme une herbe dans la steppe, prend une forme buissonnante dans le semi-désert, mais elle reste toujours « sans armes » (Rougerie, 1988, p. 56). L'Armoise blanche, sous forme de plusieurs sous-espèces d'*Artemisia maritima*, est répandue partout où le sel n'est pas trop abondant dans le sol. Au delà de la Volga, dans le semi-désert du nord, l'Armoise blanche est accompagnée de la *polyn Lerkha* (*Artemisia lerchiana*). En-deçà de la Volga, dans le semi-désert du sud, c'est la *polyn tavritcheskaïa* (*Artemisia taurica*) qui la remplace (Martchenko et Nizovtsev, 2005). *Artemisia pauciflora* est commune (Rodine, 1956), mais plutôt sur les sols salés (Berg, 1941), de même que l'Armoise noire (*tchiornaïa polyn*). Outre l'Armoise, la strate suffrutescente compte aussi, souvent, le Pyrèthre (*Pyrethrum, romachnik*), l'Arroche (*Atriplex, lébéda*) et la Kochie (*Kochia, proutniak* ou bien *kokhia*). Dans le semi-désert russe, l'espèce principale, parfois broutée par les ovins et les caprins, se trouve être la *kokhia stéliouchchaïasia* (*Kochia prostrata*).

Les herbes et les sous-arbrisseaux de la strate herbacée et de la strate suffrutescente développent des réponses physiologiques au manque d'eau, en modifiant le fonctionnement de certains organes. Les comportements les plus courants en situation de sécheresse sont la fermeture des

<sup>7</sup> La station météorologique d'Astrakhan avait un total annuel de 171 mm de précipitations pour la période de 1850 à 1915. Il est d'environ 200 mm aujourd'hui.

<sup>8</sup> C'est-à-dire la strate formée d'individus ligneux de moins de 2 m de hauteur (Rougerie, 1988, p. 55).

<sup>9</sup> Le genre *Artemisia* correspond à l'Armoise en français et à la *polyn* en russe. Malheureusement, depuis la traduction en français de l'ouvrage de Berg (1941), l'habitude a été prise d'assimiler l'absinthe, qui n'est qu'une espèce d'Armoise, à l'ensemble du genre, dans le cas des descriptions de la steppe russe.

stomates pendant de longs temps, pour éviter la transpiration, et l'augmentation de la pression osmotique pour permettre aux racines d'extraire le peu d'eau existant dans le sol.

Les herbes et les sous-arbrisseaux des semi-déserts et déserts développent, en sus des modifications physiologiques répondant au manque d'eau, des adaptations morphologiques concernant tant le système racinaire que le système foliaire. C'est à proprement parler la xéromorphie.

Le système racinaire (*kornévaïa sistéma*) est toujours très développé, en tout cas beaucoup plus que la partie aérienne de la plante. Les sous-arbrisseaux xérophytes (*ksérofitnyé poloukoustarnitchki*) ont pour la plupart des racines pivotantes qui peuvent s'enfoncer de plusieurs mètres dans le sol pour atteindre la nappe phréatique. C'est la *glouboko pronikaïouchchaïa kornévaïa sistéma* (le système racinaire de pénétration profonde). De ce point de vue, l'épine du chameau (*Alhagi pseudalhagi, verblioujia kolioutchka*) atteint des extrêmes, puisque certains spécimens puisent leur eau jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur, dans les nappes libres, les *grountovyé vody*, (Giljarov, 1986, p. 91). Il y a là une originalité du milieu aride russe, qui possède un long hiver froid puisque c'est l'un des déserts plus septentrionaux du monde. L'évaporation est donc assez faible à l'échelle de l'année, si bien que les réserves d'eau profondes ne sont pas absentes, surtout dans les terrains sableux. Les plantes à racine-pivot sont ainsi avantagées.

Cependant, les racines latérales extrêmement développées forment une adaptation encore plus généralisée. Le diamètre très important du réseau racinaire, de parfois plusieurs mètres, tant chez les herbes que chez les buissons, draine une surface d'absorption telle que c'est cette caractéristique qui explique les larges plaques de sol nu entre les parties aériennes des plantes. Après une averse, l'absorption (*poglochtchénié*) est ainsi optimale, sans autoriser l'eau ni à s'infiltrer ni à s'évaporer. Cette *razvetvliionnaïa kornévaïa sistéma* (système racinaire ramifié) a son extension maximale à proximité de la surface, mais certaines xérophytes développent des racines latérales à des niveaux plus profonds, par exemple juste au-dessus de petites intercalations imperméables. Le buisson le plus commun de la steppe désertique russe, l'Armoise, a « des racines considérablement développées, jusqu'à 2 voire 5 m et explorant de 2 à 3 m<sup>2</sup> de sol, par pied » (Rougerie, 1988, p. 56).

Au contraire de la partie souterraine, la partie aérienne des xérophytes est peu développée et ce sont généralement des plantes de petite taille. Cette adaptation permet d'ailleurs de lutter à la fois contre la sécheresse de l'été et le froid de l'hiver, ainsi que contre les vents du désert. La forme hémisphérique de chaque plante construit dans le paysage, où elles sont assemblées par centaines, des « formations à coussinets » (Rougerie, 1988, p. 21). La Plaine Caspienne offre ainsi des champs de *biïourgoun* (*Anabasis salsa*) qui montrent cette forme répondant aux contraintes désertiques.

La xéromorphie du système foliaire tend vers un même but, la limitation de la perte d'eau par transpiration. De ce fait, les feuilles sont petites (*melkié listia*), parfois réduites à des épines (*kolioutchki*) ou des écailles. Les xérophytes à petites feuilles (*melkolistnyé ksérofity*) forment l'essentiel des peuplements, mais, dans certains cas, on peut aller jusqu'à l'absence totale de feuilles sous quelque forme que ce soit. Ces plantes sont alors des xérophytes aphyllées (*bezlistnyé ksérofity*). Chez certaines Graminées du semi-désert russe, le limbe foliaire est enroulé sur lui-même, formant ainsi un petit tube (*troubotchka*), au cœur duquel les stomates sont protégés des échanges avec l'extérieur. En outre, la pilosité (*opouchennost*) des feuilles contribue à masquer les stomates, donc à gêner la transpiration. Il faut ajouter qu'une pellicule cireuse (*voskovoï naliot*) recouvre souvent la tige, ainsi que les feuilles sous forme d'une cuticule « parfois imprégnée de gommés, résines, caoutchouc qui ont pour effet de la rendre imperméable » (Elhaï, 1967, p. 56).



Cliché L. Touchart, août 2008

*Photo 71 L'adaptation des xérophytes russes au manque d'eau*

Ces xérophytes à petites feuilles (*melkolistnyé ksérofity*) colonisent, en Sibérie, les champs de sables mobiles d'Olkhon. La xéromorphie du système foliaire limite les pertes d'eau par transpiration. La pilosité (*opouchennost*) des feuilles, bien visible sur la photographie, aide à masquer les stomates, freinant ainsi la transpiration

Bien entendu, toutes ces protections contre la transpiration freinent en même temps l'assimilation chlorophyllienne. Pour tenter d'obvier à cet inconvénient, certaines plantes du désert développent ce que les auteurs russes appellent la *raznolistnost* (Rakovskaja et Davydova, 2003, p. 174), qu'on pourrait traduire littéralement par feuillaison différenciée. C'est le classique dimorphisme foliaire des auteurs français (Elhaï, 1967, p. 57). Pendant la période la plus propice, lors de laquelle une certaine humidité existe, c'est-à-dire au printemps dans le désert caspien, la plante développe de larges feuilles, tandis qu'en été elle ne possède plus que des épines ou de petites feuilles recroquevillées. Chez l'Armoise, « les feuilles, molles au printemps, se sclérifient progressivement » (Rougerie, 1988, p. 56). On touche là à une originalité du désert russe, due à sa position très septentrionale, qui ajoute à la sécheresse estivale la contrainte du froid hivernal. Entre les deux, le printemps forme une fenêtre, d'ailleurs irrégulière d'une année à l'autre, qui permet les conditions les moins défavorables.

### **1.2.2. Les plantes succulentes : une limitation par le froid**

Les plantes succulentes (*soukkoulenty*) forment un groupe particulier de xérophytes, qui tentent de passer les périodes les plus sèches par la mise en réserve de l'eau dans des organes charnus (*miassistyé organy*) de leur partie aérienne.



Cliché L. Touchart, août 2008

Photo 72 Une succulente de la steppe sèche russe, la *zaiatchia kapousta*

L'adaptation au manque d'eau prend assez peu la forme de la succulence chez les xérophytes russes, à cause de la contrainte supplémentaire du gel intense. Parmi les principales exceptions, la *zaiatchia kapousta* est un Orpin (*Sedum*) qui met l'eau en réserve dans des feuilles charnues, les *miassistyé listia*. La photo a été prise dans la steppe sèche d'Olkhon, où les précipitations annuelles sont inférieures à 180 mm.

Les auteurs russes distinguent les *steblyvé soukkoulenty*, qui sont des plantes faisant des réserves d'eau dans les tiges, des *listovyé soukkoulenty*, qui sont des plantes accumulant l'eau dans leurs feuilles. En outre, la succulence est en général accompagnée par une xéromorphie foliaire permettant à l'eau accumulée de ne pas être perdue trop facilement par la transpiration.

On sait que, d'une manière générale, les succulentes, grâce à leurs réserves, n'ont pas besoin de développer une pression osmotique élevée. Cependant, si elles ne le font pas, seuls les déserts chauds leur sont ouverts, puisque cette faible pression « les rend très vulnérables à la gelée » (Biro, 1965, p. 472). C'est pour les succulentes que le difficile cumul de la torride sécheresse estivale et du froid de l'hiver, qui fait l'originalité du désert russe, est le plus aigu. Sans la protection thermique de la neige ni le pouvoir tampon de l'eau dans le sol, à cause de la sécheresse, sans la protection végétale d'un étage supérieur, le gel de l'hiver pénètre fortement dans le sol. De fait, dans le désert à hiver froid de la Russie d'Europe, les succulentes ne sont pas très nombreuses, réduites à des genres qui cumulent la mise en réserve de l'eau et une forte pression osmotique, développant à la fois des caractères de xérophytes et de cryophytes. C'est le cas de plusieurs espèces d'Arroche (*Atriplex*, *lébéda*), qui sont des *listovyé soukkoulenty*.

### 1.2.3. Les plantes à court cycle végétatif : le printemps du désert russe

Dans les déserts et semi-déserts, la période favorable au développement des plantes, celle pendant laquelle l'humidité est suffisante, est très réduite. Certaines espèces de ces régions se sont adaptées à cette contrainte, en réussissant à accomplir la totalité de leur cycle végétatif, que les Russes nomment simplement *végúétatsia* (ou plus longuement *végúétatsionny période*), en quelques semaines. Ces sont les *rasténia s korotkim périodom végúétatsi*, les plantes à court cycle végétatif.

Les éphéméroïdes (*èféméroïdy*) sont les plantes vivaces (*mnogoletnyé rasténia*) à cycle court. Dans les déserts russes, c'est à la sortie de l'hiver que l'eau dans le sol est la plus abondante. Le trimestre de février, mars et avril est en général celui où quelques précipitations existent et la fonte des petites réserves de neige imbibent le sol à la fin de cette saison. Enfin, la fraîcheur évite les pertes par évaporation, avant que l'été torride ne survienne. Ainsi, « les bonnes conditions printanières permettent le développement d'Ephéméroïdes, c'est-à-dire de Géophytes à cycle végétatif court » (Biro, 1965, p. 473). Une fois la *végétatsia* brièvement effectuée, ces cryptophytes passent l'essentiel de l'année, aux conditions climatiques et pédologiques défavorables, par leurs seuls organes souterrains. L'éphéméroïde la plus courante du désert caspien est une Graminée, le Pâturin bulbeux (*Poa bulbosa*, *miatlik loukovitchny*), qui développe ici sa variété vivipare<sup>10</sup>. Mais on y trouve aussi des Laïches (*Carex*, *ossoki*) des Aulx (*Allium*, *louki*) et quelques autres genres (Rodine, 1956). Les Tulipes (*Tulipa*, *tioulpany*) sont des éphéméroïdes qui charment la steppe désertique russe, dont certaines espèces sont protégées au titre du livre rouge.

Les éphémères (*èféméry*) sont les plantes annuelles (*odnoletnyé rasténia*) à cycle court. Ces thérophytes sont sans doute, de toutes les plantes, celles qui montrent la plus forte adaptabilité (*prisposoblennost*) à l'irrégularité climatique. Les graines attendent dans le sol le temps qu'il faut, c'est-à-dire une pluie suffisante, puis accomplir en une très courte période, en général bien plus réduite que celle des éphéméroïdes, leur développement et leur fructification, avant de se dessécher et de mourir, non sans avoir laissé de nouvelles graines dans le sol. C'est donc à l'état de repos (*v sostaiānii pokoïa*), sous forme d'une graine à pellicule durcie, que l'essentiel de l'année, et même parfois d'une période pluriannuelle, se passe.

Les auteurs soviétiques classiques insistent sur le fait que les plantes à court cycle végétatif concernaient essentiellement les déserts de basse Asie Centrale, surtout les éphémères, tout en remontant de manière dominante jusque dans les déserts d'Azerbaïdjan, en particulier dans la vallée de la Koura (Rodine, 1956). Mais les géographes russes contemporains, comme Rakovskaïa et Davydova (2003), rappellent le rôle des éphémères et des éphéméroïdes dans le désert caspien. Au printemps, ce sont ces plantes qui composent un paysage vivant, dont la couverture au sol est momentanément continue, et même en partie colorée, très différent de l'ambiance moribonde des autres saisons. Le Pâturin bulbeux est traditionnellement brouté par le bétail à cette saison, notamment en Kalmykie. C'est aussi au printemps qu'une couverture moussue remplit les vides. « Dans les semi-déserts de la région d'Astrakhan, les intervalles séparant les touffes d'absinthe blanche sont tapissés de mousses d'une couleur à ce point noire que la terre semble brûlée » (Berg, 1941, p. 133).

#### 1.2.4. Les animaux du désert russe et la Caspienne

On sait, depuis la parution en français de l'ouvrage *La vie dans les déserts*, traduit dans notre langue par Théodore Monod à partir du manuscrit de D.N. Kachkarov et E.P. Korovine, que la bibliographie russe concernant la zoogéographie des déserts est extrêmement abondante. Elle concernait avant tout l'Asie centrale de la Russie tsariste, puis de l'URSS. Il ne s'agit pas ici de reprendre toutes les généralités, vraies pour le désert russe caspien comme pour les autres, qui se trouvent désormais hors de la Fédération. Nous chercherons plutôt à dégager, de façon concise, les spécificités du désert russe.

Les adaptations morpho-physiologiques au manque d'eau, secondairement à la chaleur estivale et aux vents de poussière, sont pour la plupart communes à tous les milieux arides. Le désert russe y ajoute la forte contrainte du froid hivernal, qu'il partage avec les déserts asiatiques septentrionaux comme ceux de Mongolie. La priorité est double. D'une part, il s'agit de se contenter, de façon exclusive ou proportionnellement forte, de la fabrication d'eau métabolique. D'autre part, il

---

<sup>10</sup> C'est « une graminée vivace, généralement haute de 30 à 40 cm, qui croît sur de petites mottes de 2 à 3 cm de diamètre. A la base de la tige se forme une sorte d'oignon qui est capable de résister très longtemps à la sécheresse ; il est arrivée que des oignons ont donné des pousses après avoir passé dix ans dans un herbier. Mais ce pâturin a encore des oignons d'un autre genre, ce qui lui a fait donner le nom de vivipare ; dans les gaines des feuilles florifères, il se forme, au lieu de fleurs, une cinquantaine de petits bulbes qui remplacent les graines et qui, en tombant dans la terre, donnent naissance à une nouvelle plante » (Berg, 1941, p. 169).

faut perdre le moins possible d'humidité. L'une des manières de produire de l'eau en quantité à partir des atomes d'hydrogène se trouve être la mise en réserve de graisse (*zapassanié jira*), qui, par des processus chimiques internes fondés sur l'oxydation, fabrique ensuite l'élément. Cet emmagasinage se fait le plus souvent dans la queue et concerne pratiquement tous les rongeurs du désert russe. Outre la mise en réserve, la plupart des animaux du désert transpirent très peu. Même les animaux à sang chaud supportent de voir leur température s'élever, sans pour autant déclencher une importante transpiration pour tenter de faire baisser celle-là. Et leur urine contient moins d'eau que celle des Mammifères non désertiques. Chez la plupart des Reptiles, c'est même de l'acide urique solide qui est excrété.

Quelques exemples de Mammifères peuvent être pris. Chez le chameau, nommé *verblioud* par les Russes, la réserve de graisse principale se trouve dans les deux bosses et la possibilité d'élévation de la température du corps sans provoquer de transpiration est particulièrement élevée. Le *verblioud* n'existe dans le désert caspien qu'à l'état domestique.

Les Gerbilles forment une sous-famille (*Gerbillinae*) de rongeurs, que les Russes nomment *pestchanki*, en lien avec leur faculté à vivre dans les sables. Deux genres sont très répandus dans le désert caspien, la grande Gerbille (*Rhombomys, bolchaïa pestchanka*) et la Mérione (*Meriones*), que les Russes appellent la petite Gerbille (*malaïa pestchanka*). Les Gerboises forment un autre ensemble de rongeurs de milieu aride, dont le principal représentant russe est le *touchkantchik mokhnonogui* (*Dipus sagitta*), qui n'a pas de nom en français. Les Gerbilles et les Gerboises font des réserves de graisse dans leur queue, ne possèdent pas de glandes sudoripares pour éviter de transpirer, leur urine est fortement concentrée grâce à un fonctionnement particulier de leurs reins. Elles ne boivent jamais, mais leur organisme a la capacité de se contenter de l'eau métabolique, celle qui est fabriquée à partir des graines, feuilles et morceaux de plantes sèches qu'elles consomment.

Les rongeurs du désert russe forment un bon exemple d'animaux qui ne doivent pas seulement lutter contre le manque d'eau et la chaleur torride de l'été, mais aussi contre le froid de l'hiver. Très septentrional et continental, le milieu semi-aride de la Russie ajoute les inconvénients les uns aux autres et démultiplie les mauvaises saisons. L'une des réponses physiologiques est le cumul d'une torpeur léthargique estivale et d'un endormissement hivernal, d'une *letniaïa spiatchka* et d'un *zimnéé otsépénénié*. Il ne reste plus que les mi-saisons pour être actif, le printemps étant la meilleure des deux, car la nourriture est présente. C'est ainsi que l'écureuil terrestre (*souslik*) du désert caspien hiberne en hiver, estive en été, mais déborde d'activité au printemps et secondairement à l'automne.

Outre les adaptations au manque d'eau et aux excès thermiques, certains animaux du désert russe ont développé une résistance aux flux de poussière. C'est le cas de l'Antilope saïga (*Saiga tatarica, saïgak*), dont les cavités nasales sont recouvertes d'une muqueuse qui filtre les particules fines apporté par le *soukhovéï* et les autres vents brûlants, chargés de poussières.

En dehors des adaptations morpho-physiologiques, les animaux du désert ont développé pour un grand nombre d'entre eux des adaptations éthologiques. Leur comportement répond aux contraintes du milieu semi-aride. De ce fait, leur mode de vie (*obraz jizni*) est souterrain, nocturne ou encore migratoire.

Le mode de vie souterrain concerne presque tous les animaux de petite taille, les insectes, les reptiles, les rongeurs. Il permet de se protéger de la forte insolation et des risques de transpiration. Chez les rongeurs, ce comportement nécessite le creusement d'un terrier, la *nora*. Sous terre, l'humidité relative est plus élevée et elle est d'ailleurs augmentée par le confinement de la respiration de l'animal lui-même.

Le mode de vie nocturne (*notchnoï obraz jizni*) ou crépusculaire (*souméretchny obraz jizni*) est souvent lié au comportement souterrain, dans le sens où ce dernier permet le repos diurne. L'activité de nuit est la plus grande en été, quand la chaleur du jour est torride. Au-delà de cet aspect classique de tous les déserts, les mêmes animaux ont, dans la Plaine Caspienne, un mode de vie nettement diurne en hiver. Ce fait est plus original du désert russe, où la contrainte du gel est très marquée en hiver. Toutes les Gerbilles du désert russe sont nocturnes ou crépusculaires en été, sauf la Mérione (*malaïa pestchanka*), qui préfère les sorties diurnes même au plus chaud de l'année.

Le comportement migratoire est l'adaptation éthologique la plus développée dans tous les milieux difficiles. Il est à remarquer que l'ensemble du territoire russe, très continental, est concerné

par les migrations saisonnières, qui atteignent leur maximum dans les deux zones les plus contraignantes, la toundra au nord et le désert semi-aride au sud. Le seul grand herbivore sauvage du désert russe, l'Antilope saïga, a toujours nomadisé en permanence à la recherche des meilleurs pâturages. Sa prédilection était pour la migration vers le nord et la steppe en été, vers le sud-est et le désert en hiver, lui permettant de toujours trouver des pâturages sans neige. La mise en culture de la steppe a conduit le *saïgak* à devenir un habitant presque permanent du milieu désertique, à l'intérieur duquel il se déplace cependant encore beaucoup.

Parmi les animaux migrateurs, les oiseaux occupent bien entendu une place particulière. En général, la faune aviaire est plutôt rare dans les déserts, car les oiseaux perdent en moyenne plus d'eau que les mammifères, du fait que leur respiration rejette une plus grande quantité d'humidité. De fait, les oiseaux ont besoin de boire, si bien que leur présence se réduit à la proximité des points d'eau, douce de préférence, saumâtre éventuellement. C'est ici qu'intervient l'originalité du désert russe, bordé du plus grand lac du monde, dont l'eau saumâtre est dessalée à l'arrivée de la Volga. Le fleuve lui-même, ses bras, les autres cours d'eau caspiens et même certains canaux favorisent les Oiseaux, ainsi que certains petits lacs ou marais endoréiques. La Caspienne et ses annexes sont aussi fournisseurs de poissons, que consomment certains oiseaux. Pour toutes ses raisons, il n'y a pas que des migrateurs dans le désert russe, mais aussi des oiseaux adaptés au milieu aride caspien.

Les *riabki*, les Ganga de la langue française<sup>11</sup>, forment sans doute le genre (*Pterocles*) le plus caractéristique du désert russe. Ces migrateurs partiels se plaisent dans les déserts sableux ou caillouteux de la Plaine Caspienne, tout en appréciant les eaux saumâtres du lac lui-même, ses lagunes et ses marais littoraux. Le Ganga est un oiseau adapté au milieu aride, le seul qui trempe, humecte (*smatchivaet* disent les Russes) les plumes de son abdomen là où il y a un plan d'eau et, grâce à la structure de ses plumes, transporte ensuite cette eau jusqu'à son nid, qui peut être assez éloigné, où il se décharge sur ses oisillons (Abdurakhmanov, 2003, pp. 273-274). Deux espèces peuplent ainsi le désert russe, d'une part le Ganga cata<sup>12</sup> (*Pterocles alchata*, *bélobrioukhi riabok*), d'autre part le Ganga unibande (*Pterocles orientalis*, *tchernobrioukhi riabok*).

### 1.3. Le passage zonal du sol châtain clair au sol brun steppique

La végétation des steppes désertiques de la zone du semi-désert croît sur les *svetlo-kachtanovyé potchvy*, que les auteurs français traduisent généralement en sols châtain clair. Ce sont des sols peu épais de type AC. Le sous-horizon humifère ne fait plus qu'une vingtaine à une trentaine de centimètres d'épaisseur. L'humus, qui représentait encore 3 à 4 % dans les sols châtain, tombe ici à une proportion de 1 à 3 % (Berg, 1941, p. 131). Le complexe absorbant est saturé par une proportion d'ions sodium qui n'est pas minime et rappelle en partie le *solonets*. Le sous-horizon éluvial minéral est argileux et prend souvent une structure prismatique. Vers 40 cm (Triochnikov, 1988) à 50 cm (Berg, 1941) de profondeur, le niveau d'accumulation des carbonates est concrétionné et il précède souvent un horizon gypseux plus profond. Les sols châtain clair ne se développent de manière pure que dans une granulométrie limoneuse<sup>13</sup>; dans les autres cas l'halomorphie les guette. La région de Volgograd est celle qui comprend sur les plus grandes distances des sols châtain clairs.

Dans des conditions plus sèches encore, on quitte les sols châtain clair pour entrer dans les *bouryé poustynno-stepnyé potchvy* des auteurs russes classiques, littéralement les sols bruns déserto-steppiques, dits aussi parfois *bouryé poloupoustynnyé potchvy*, les sols bruns semi-désertiques. Les Français nomment cette formation « sol brun steppique » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 108, Viers, 1970, p. 192) ou « sol brun de steppe » (Demangeot, 1981, p. 98).

---

<sup>11</sup> Où plutôt catalane.

<sup>12</sup> En France, le Ganga cata, très rare, ne niche qu'en un seul endroit, la réserve naturelle des Coussouls de Crau. Tous les dépliants de cet espace protégé ont toujours vanté le Ganga cata comme étant « emblématique », jusqu'à ce que, en août 2009, la fuite de l'oléoduc, reliant Fos-sur-Mer à Karlsruhe et traversant cette réserve française, ne provoquât la catastrophe écologique que l'on sait (Wolff, 2009). Celle-ci ne remet cependant pas en cause les effectifs russes, car les migrations de la forme orientale de l'espèce se font entre la Russie, le Moyen-Orient et l'Inde, tandis que la France est, comme l'Afrique du Nord, concernée par la forme occidentale.

<sup>13</sup> « Sur les sols limoneux, le régime hydrique est optimum. La percolation repousse la croûte gypseuse des sols châtain clair jusqu'à 1 m de profondeur. L'humectation printanière est par conséquent durable » (Biot, 1965, p. 472).

Les sols bruns déserto-steppiques sont des formations peu épaisses de type AC, dans lesquelles le niveau carbonaté forme souvent une véritable croûte indurée. Selon Triochnikov (1988) et Nizovtsev (2005), le taux d'humus est compris entre 1,5 et 2,5 %. D'après Rakovskaïa et Davydova (2003), il est inférieur à 2 %. Quoiqu'il en soit, c'est cette faible quantité d'humus qui donne à l'horizon supérieur sa couleur brun clair (*svetlo-bouraïa okraska*). Cet horizon est friable (*rykhly*), souvent feuilleté (*sloiévaty*) et, surtout, les carbonates augmentent avec la profondeur. Le quotient des précipitations par l'évapo-transpiration potentielle tombe à moins de 0,2 et les migrations ascendantes provoquent la formation d'une croûte (Ca). C'est plus en profondeur que s'accumulent les sulfates et les chlorures.

En effet, la plupart des sols bruns déserto-steppiques sont en même temps halomorphes. La quasi-totalité de la partie de l'oblast d'Astrakhan située au sud de la Volga, de même que l'essentiel de la Kalmykie, sont ainsi couverts d'un sol brun déserto-steppique à *solonets* ou à *solontchak*. Même les sols châtain clair sont assez souvent halomorphes, sauf quand la granulométrie est favorablement limoneuse. Les conditions locales, azonales, prennent donc une grande importance et finissent par surpasser, dans la Plaine Caspienne, les effets de la dégradation zonale.

## 2. Une pincée de sel d'Astrakhan, un grain de sable kalmouk et le mirage de l'oasis

Vu la faiblesse de la végétation désertique, l'accumulation de la matière organique est réduite. De ce fait, la fraction minérale du sol est proportionnellement forte. La roche-mère, du substrat ou issue d'accumulations allogènes, donne des caractères bien reconnaissables à chacun des sols. En retour, les traits particuliers de chacun de ces sols jeunes et souvent remaniés, ne serait-ce que par le vent, influent eux-mêmes sur la végétation, qui devient spécifique. Les sols zonaux désertiques cèdent ainsi très souvent la place à des conditions pédologiques locales. Ce fut le chercheur russe Néoustrouïev qui, dans les années 1920, insista le premier sur la mosaïque non zonale<sup>14</sup> des sols, de la végétation et des habitats animaux des semi-déserts et des déserts soviétiques<sup>15</sup>. Ce caractère éclaté, la *razrjennost* des auteurs russes, est sans doute le trait géographique majeur du milieu semi-aride caspien. C'est donc l'importance des conditions édaphiques locales, que les Russes appellent les sols intrazonaux, qui sera étudiée ici.

### 2.1. Les sols halomorphes, les halophytes et les gypsophytes

Les sols halomorphes<sup>16</sup>, riches en sels solubles<sup>17</sup>, trouvent localement, à l'état naturel, toutes les formations pédologiques de la zone steppique, non seulement les sols châtain, mais aussi les tchernozioms de la steppe sibérienne et européenne. La pratique de l'irrigation a eu comme effet secondaire néfaste d'en provoquer l'expansion dans les steppes volgiennes. Mais c'est bien dans le milieu semi-aride et aride de la Plaine Caspienne et de ses rebords qu'ils ont toujours eu leur plus grande extension, au point qu'ils sont généralisés dans les dépressions et ne laissent place aux sols bruns steppiques que sur les interfluves. Ainsi, bien qu'ils soient souvent qualifiés de sols intrazonaux, ils possèdent en fait une composante zonale assez exprimée pour nous permettre de regrouper leur étude dans le milieu semi-désertique.

En fonction de critères vulgaires, comme l'observation concrète des efflorescences salines et l'idée qu'on se fait des paysages désertiques, et en fonction de critères scientifiques, comme le taux de saturation en sodium, le degré de lessivage et la différenciation du profil pédologique, quatre types de sol se distinguent du « plus aride » au « moins aride » : le *solontchak*, la *solontsévatiaïa potchva*, le *solonets* et le *solod*. La Russie ayant fixé, ici comme ailleurs en pédologie, l'essentiel du vocabulaire

---

<sup>14</sup> Il est entendu que, dans la réalité, les deux échelles s'emboîtent sans s'annuler. Un sol salé a certes une origine locale, « stationnelle » (Duchaufour, 1991, p. 229), par exemple une nappe d'eau salée, mais il subsiste aussi grâce au climat aride zonal, dont la sécheresse empêche l'ion sodium, pourtant très mobile, de s'échapper du profil.

<sup>15</sup> « Dans le semi-désert et le désert, 'à toute roche-mère correspond une limite particulière de zones de terrains. Aussi les limites des zones et des sous-zones sont-elles particulièrement découpées et irrégulières' (Néoustrouïev) » (Berg, 1941, p. 130).

<sup>16</sup> Les Russes disent « sols halogènes » (*galoguénnyé potchvy*). Ce sont les « sols salsodiques » de Duchaufour (1991, p. 229).

<sup>17</sup> Ce sont les *legkorastvorimyé soli* (sels facilement solubles) des auteurs russes.

international concernant les sols halomorphes, leur étude prend une importance non seulement géographique régionale, mais aussi épistémologique générale. Malgré des différences, les quatre types de sols halomorphes ajoutent une contrainte à la végétation semi-aride<sup>18</sup>.

### 2.1.1. Les solontchaki, des sols salins peu évolués

Les *solontchaki*<sup>19</sup> sont ceux des sols halomorphes qui possèdent le profil le moins évolué, de type AC. Ils sont facilement reconnaissables au fait que des efflorescences salines (*vytséty soléi*) de couleur blanche se forment en surface<sup>20</sup> et font manifestement d'eux des « sols salins » (Elhaï, 1967, p. 276), les *zassolionnyé potchvy* des Russes. Ces accumulations de sels superficielles peuvent revêtir différents aspects, rendus par la typologie descriptive des *solontchaki*. Le plus classique est le *korkovy solontchak*, couvert d'une croûte (*korka*), qui s'écaille plus ou moins. Le *poukhly solontchak* se caractérise par ses boursouffures d'argiles poudrées de cristaux de sel. Quelle qu'en soit leur forme, ces accumulations salines de surface reposent sur un horizon humifère assez mal exprimé, tacheté de concrétions salines, qui ne contient guère plus d'un pour cent d'humus (Trěšnikov, 1988, p. 285). Cet horizon A gît directement sur une roche-mère salifère (*zasolionnaïa matérińskaïa poroda*) ou un aquifère fortement minéralisé.

Le second trait caractéristique des *solontchaki* se trouve être que le complexe absorbant (*poglochtchaïouchtchi kompleks*) du sol n'est en aucun cas saturé par des ions sodium (*natri*), mais, majoritairement, par des ions calcium. En fait, les colloïdes du sol qui adsorbent les cations de sodium représentent moins de 15 % du total (Lacoste et Salanon, p. 121). Ainsi, le pH est faiblement basique, généralement compris entre 7 et 8,5. C'est que le sodium est surtout présent en solution sous forme de chlorure de sodium et non pas en tant qu'ion adsorbé.

Les *solontchaki* se forment sous certaines conditions hydroclimatiques et hydrogéomorphologiques. Le climat semi-aride favorise le développement des *solontchaki*, par son évaporation très supérieure aux précipitations, qui provoque dans le sol une « prédominance des migrations ascendantes d'eau salée » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 119). Cette remontée des solutions est régie par un régime hydrique d'évaporation (*vypotnoi vodny réjim*). Ces flux ascendants, les *voskhodiachtchié toki* de Nizovtsev (2005), traversent le sol de bas en haut et finissent par construire les efflorescences en surface. Par sécheresse climatique et évaporation croissantes, on passe des *solontchaki* sodiques aux *solontchaki* sulfatés et chlorés (Trěšnikov, 1988, p. 285). Ces phénomènes de capillarité sont favorisés par le caractère argileux du sol (Kachkarov et Korovine, 1942, pp. 64). On fait ainsi le lien entre les conditions hydroclimatiques et les conditions granulométriques, celles-ci menant au cadre géomorphologique.

En effet, des conditions hydrogéomorphologiques, qui ne sont certes pas forcément toujours nécessaires, s'ajoutent le plus souvent aux conditions climatiques favorables. Ce sont les plus largement documentées en France<sup>21</sup>, surtout à petite échelle, où la géographie physique est, par son épistémologie, fortement dominée par la géomorphologie, historiquement d'abord qualitative. A cette échelle, les *solontchaki* sont assez souvent localisés dans les fonds des dépressions fermées. Ce sont alors les sols, au sens pédologique, des cuvettes à fond plat appelées *takyry*, au sens géomorphologique<sup>22</sup>. Ce peut être, *primo*, un « terminus d'écoulement endoréique » Birot (1965, p.

---

<sup>18</sup> « Les Russes distinguent plusieurs types de sols halomorphes, en particulier les *solontchak* et les *solonetz*, mais ils sont tous défavorables à la végétation » (Huët de Lempis, 1994, p. 165). « Les sols [salsodiques] des trois sous-classes sont très défavorables à la végétation » (Duchaufour, 1991, p. 232).

<sup>19</sup> Le *solontchak* est l'orthographe française la plus courante du mot russe (*solončak* en transcription internationale), bien qu'on trouve aussi *solontschak* et *solonchak*, qui ne se justifient pas sauf à prendre un mot russe par l'intermédiaire de l'allemand ou de l'anglais. Francisé, le pluriel devient *solontchaks*, mais nous avons préféré garder ici le pluriel russe *solontchaki*, d'autant que le « i » final est accentué dans la prononciation.

<sup>20</sup> C'est le sous-horizon e de Lacoste et Salanon (1969, p. 119).

<sup>21</sup> « Il existe à l'état naturel des sols dits halomorphes, dont le plus typique est le *solontchak* des dépressions fermées à fond humide, formes inséparables de toute la géomorphologie aride, comme le prouve la diversité de la nomenclature : *sebkhas* au Sahara, *kewirs* en Iran, *salars* en Amérique du Sud, *bolsons* dans l'Ouest américain..., auxquels les sels sont apportés par les eaux de ruissellement ou par des venues artésiennes » (Lageat, 2004, p. 168).

<sup>22</sup> Du moins au sens géomorphologique descriptif. Au sens géomorphologique explicatif, il vaut mieux réserver le terme de *takyr* à une dépression d'accumulation argileuse construite par les écoulements allochtones, c'est-à-dire à une *daya* du vocabulaire géographique français (T. Monod, traduisant en français l'ouvrage russe de Kachkarov et Korovine, 1942), ou à une *garaa*. Le terme de *takyr* ne devrait donc pas s'employer pour une *sebkha*.

474) et les sels ont alors une origine allochtone, celle de flux et d'inféro-flux venus de reliefs encadrants. Ce peut être, *secundo*, une dépression en lien avec la nappe ; et le sol salin, alors appelé *guidromofny solontchak* par les auteurs russes, n'est autre que le sol pédologique de la forme géomorphologique appelée *sebkha* par les géographes français<sup>23</sup>. Ce sont avant tout sur ces *solontchaki* hydromorphes que se rencontrent des terrains « difficilement praticables, surtout en période humide, quand se forment lesdits marais de *solontchak*<sup>24</sup> » (Trěšnikov, 1988, p. 285, en russe). Mais les Russes soulignent qu'un sol salin peut aussi être dû, *tertio*, à la présence sous-jacente de roches salifères (*solénosnyé porody*), formant alors un véritable *avtomorfny solontchak*, bien que le *solontchak* hydromorphe fût lui aussi autochtone. Enfin, le vent, qui érode lors des périodes les plus sèches les agrégats d'argiles flocculées et de sels des *solontchaki* hydromorphes, peut aussi les transporter plus loin et former alors un quatrième type de sol salin, dont l'importance était sans doute surestimée par les auteurs d'avant-guerre<sup>25</sup>.

La végétation est parfois complètement absente de la partie centrale des *solontchaki*. Mais, au moins sur les marges, il y a des plantes spécialisées, les halophytes (*galofity*)<sup>26</sup>, qui colonisent ces terrains salés. La famille principale en est, dans les déserts caspiens et les steppes sèches de Sibérie, celle des Chénopodiacées, que les Russes appellent *marévnyé*. Cette famille est la même que celle qu'on trouve partout ailleurs dans le monde dans des conditions similaires (Lacoste et Salanon, 1969, p. 74). On recense ainsi « des Arroches (*Atriplex*), des Soudes (genre *Salsola*), des Salicornes, des Kochias, tous genres cosmopolites » (Viers, 1970, p. 191).

De tous les terrains halomorphes, les *solontchaki* se trouvent être les plus contraignants, si bien que les plantes arrivant à les coloniser sont des halophytes vraies (*nastoiachtchié galofity*), dites aussi euhalophytes (*évgalofity*). Cela signifie qu'elles ne prennent pas la peine d'empêcher les sels d'entrer dans l'organisme ; au contraire, elles absorbent les solutions salées, mais sont capables ensuite d'en contrôler la concentration. La première adaptation est celle qui permet justement de prélever une eau du sol très chargée en substances dissoutes. Pour ce faire, ce sont des plantes dont la pression osmotique (*osmotitcheskoïé davlénié*) est très élevée, si bien que « les racines ont une très forte capacité de succion » (Demangeot, 1981, p. 74). Plusieurs espèces de Soudes, que les Russes appellent *solianki*, de même que certaines Salicornes, les *solérossy* des Russes, ont ainsi une pression osmotique de 10 à 20 atmosphères. Le phénomène est moins prononcé chez les Arroches, les *lébédy* des Russes.

Une fois la solution salée à l'intérieur, ces plantes sont capables de réguler la concentration en sels des tissus grâce à la grande quantité d'eau mise en réserve. Ce sont en effet des halophytes succulentes, qui présentent des feuilles et des tiges charnues (*miassistyé*). Cette réponse à la salinité, par la succulence, est typique des plantes qui doivent combattre les chlorures. Certaines halophytes ont développé d'autres adaptations destinées à réguler la concentration interne en sels : elles sont capables de l'exsuder. C'est le cas du Tamarix, le *grébenchtchik* des Russes, réduit ici à l'état de buisson. Ces plantes viennent cependant mieux sur les *solontsy* que les *solontchaki*.

L'ensemble des mécanismes de fonctionnement des halophytes, par augmentation de la pression osmotique, succulence et exsudation, est appelé par les Russes *soléoustoïtchivost*, la résistance au sel<sup>27</sup>. Et c'est bien sur les *solontchaki* que ces adaptations sont les plus difficiles à

---

<sup>23</sup> « Véritables machines évaporatoires, les *sebkhas* concentrent, peu à peu, les sels dissous dans les nappes artésiennes » (Coque, 1977, p. 208). Ce type de *solontchak* est la seule et unique possibilité envisagée dans la définition de Demangeot (1981, p. 259) : « *solontchak* : sol salé des *sebkhas* ». La note infra-paginale de T. Monod, traduisant en français l'ouvrage russe de Kachkarov et Korovine (1942, p. 64), concernant *solontchak* écrivait : « On pourrait traduire *sebkha* au Sahara, et même peut-être trouver un équivalent français dans la « sansouire » de la Camargue ». Notons qu'il y a chez Jean Demangeot et Théodore Monod une assimilation de la pédologie et de la géomorphologie, là où nous préférons opérer, comme Roger Coque le suggérait, un changement d'échelle.

<sup>24</sup> Le texte russe écrit *solontchakovyé bolota*. La description russe de ces marais de *solontchak* est à rapprocher des observations tunisiennes de R. Coque (1977, p. 208) concernant les *sebkhas* : « il existe aussi des secteurs impraticables, constitués par une bouillie déliquescence de sels et de vases noires fétides gorgées de saumure même en plein cœur de l'été ».

<sup>25</sup> « La surface étant chauffée par le soleil, l'évaporation aspire l'eau souterraine de bas en eau et, avec elle, vont remonter les sels qui se déposeront dans les couches superficielles. Le dépôt salin des parties en relief est emporté par le vent tandis qu'il s'accumule dans les dépressions, donnant ainsi naissance aux *solontchak* » (Kachkarov et Korovine (1942, p. 64)

<sup>26</sup> Les scientifiques russes emploient en général le terme international de *galofity*, mais il existe aussi l'expression de *soléoustoïtchivnyé rasténia* (Giljarov, 1986, p. 158), littéralement les plantes résistant au sel.

<sup>27</sup> La *soléoustoïtchivost* est l'équivalent russe du terme français rare d'halophytie, employé par exemple par Demangeot (1981, p. 75).

développer, d'où le petit nombre d'espèces concernées. Les autres sols halomorphes, où il n'y a pas à lutter contre les chlorures, présentent des contraintes un peu moins fortes pour la végétation.

### 2.1.2. Les solontsévatyé potchvy, des sols à alcalis de caractère intermédiaire

Les *solontsévatyé potchvy* forment le seul des quatre types à posséder une traduction française, celle de sols à alcalis au sens strict<sup>28</sup>, mais quelques auteurs emploient aussi le terme de « sols à alkali » pour certains *solontchaki* (Elhaï, 1967, p. 276) ou de sols alcalins pour tous les *solontchaki* (Hubschman, 1990, p. 10). Si l'on exclut le critère simple du pH<sup>29</sup>, la question revient à définir la proportion du complexe absorbant saturée par les ions sodium. En effet, ce n'est pas ici le profil du sol qui est caractéristique, puisque la succession des horizons peut être de type AC ou ABC selon les cas.

L'important se trouve être que la capacité d'échange (*obmennaïa spossobnost*) du complexe absorbant (le *poglochtchajouchtchi kompleks*) concerne les ions sodium dans une proportion de 15 à 30 % (Lacoste et Salanon, 1969) ou 15 à 25 % (Trěšnikov, 1988). A l'intérieur de cette fourchette, le degré d'alcanisation (*stépén solontsévatosti*) rapproche plutôt le sol à alcalis du *solontchak* ou plutôt du *solonets*. Les valeurs de pH, qui tournent souvent autour de 8 à 8,5, en font aussi un sol intermédiaire.

Les sols à alcalis sont fréquents dans les semi-déserts de Russie, là où l'humidité saisonnière est un peu plus forte que dans le cas des *solontchaki*. Mais ils constituent aussi de nombreux îlots à l'intérieur de la zone des sols châtain.

### 2.1.3. Les solontsy, des sols alcalins évolués

Les *solontsy*<sup>30</sup> sont des sols halomorphes au profil évolué, différencié en trois horizons ABC bien distincts. L'horizon A est un horizon éluvial de 20 à 30 cm d'épaisseur environ, contenant de 0,5 à 9 % d'humus (Trěšnikov, 1988). Cet horizon, plutôt gris clair, appauvri en particules argileuses et de pH proche de la neutralité, est dit supra-alcalin (*nadsolonetsovy*) par les auteurs russes. Il repose en effet sur un horizon B plus foncé, plutôt de couleur brune, à forte densité, compact et enrichi en argile. Quand il n'est pas humecté, sa structuration<sup>31</sup> en colonnettes (*stolbtchataïa otdelnost*) ou en prismes (*prizmovidnaïa*) est tout à fait typique. Cet horizon illuvial forme le véritable horizon alcalin (*solontsovy gorizont*), caractéristique de ce sol, et son pH, très élevé, peut dépasser des valeurs de 9. La réaction basique (*chtchelotchnaïa réaktzia*) du *solonets* est ainsi un critère de reconnaissance manifeste. Cet horizon B, qui forme donc le cœur du *solonets*, repose sur un horizon C de transition avec la roche-mère, soit directement, soit par l'intermédiaire d'accumulations gypseuses et chloro-sulfatées.

La grande particularité chimique du *solonets*, qui le distingue du *solontchak*, est la saturation de son complexe absorbant par l'ion sodium et c'est pourquoi le *solonets* est un sol alcalin. En effet, il existe ici un certain drainage par les eaux, qui explique d'ailleurs la différenciation du profil pédologique, et c'est ce « lessivage des colloïdes minéraux et organiques » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 121) qui entraîne les ions calcium. La place est prise par le sodium. Ainsi, la fraction la plus fine qui adsorbe les cations de sodium représente assurément plus de 25 % de la capacité d'échange, selon Triochnikov (1988), souvent plus de 30 %. Hors l'adsorption sur les colloïdes, le sodium se combine aussi dans le sol en carbonates de sodium. C'est ce qui provoque le pH si élevé du *solonets*, nuisible à la plupart des plantes<sup>32</sup>.

<sup>28</sup> Nous emploierons quant à nous « sols à alcalis » comme synonyme des seuls *solontsévatyé potchvy*.

<sup>29</sup> Au sens large, alcalin peut être employé pour un sol au sens de basique, c'est-à-dire de pH supérieur à 7. Dans ce cas, tous les sols halomorphes sont alcalins (sauf l'horizon A des *solodi*). Au sens strict, alcalin peut s'employer pour qualifier la richesse d'un sol en sodium et potassium, à différencier d'un sol alcalino-terreux, riche en calcium.

<sup>30</sup> Le *solonets* est l'orthographe française la plus logique au regard du mot russe (*solonec* en transcription internationale), bien qu'on trouve aussi souvent *soloniets*, répondant encore mieux à la prononciation orale russe, et *solonetz*, transmis du russe au français via l'anglais. Francisé, le pluriel devient invariable, mais nous avons préféré garder ici le pluriel russe *solontsy*, d'autant que le « y » final est accentué.

<sup>31</sup> Dite aussi « disjonction colonnaire » en français (Demangeot, 1981, p. 101). « *Otdelnost* » signifie d'ailleurs précisément « disjonction ».

<sup>32</sup> P. Duchaufour (1991, p. 232) rappelle, avec quelque exagération, l'inconvénient de cette propriété pour les plantes : « les sols alcalins sont impropres à toute végétation, en raison de leur pH trop élevé ».

La grande particularité de la structure physique du solonets, la plus dommageable pour les plantes et pour une éventuelle mise en culture, est la forte dispersion de la fraction fine<sup>33</sup>. Bref, la structure est particulière. En effet, « une telle abondance de l'ion sodium a pour effet de séparer les particules argileuses, de les disperser. La structure est mauvaise ; le sol est mal aéré » (Elhaï, 1967, p. 276). Le fait est que, le pH étant très loin de 7, les charges électriques des colloïdes ne sont pas neutralisées et les particules fines, de même charge, se repoussent les unes les autres, provoquant une dispersion élevée (*vyssokaïa dispersnost*). Il en résulte que, d'une part les vides ménagés entre les particules sont trop petits pour permettre une bonne circulation de l'eau et de l'air, d'une part ces colloïdes risquent d'être facilement emportées en solution par le lessivage.

L'une des conséquences visibles du caractère dispersé de la fraction fine du *solonets* se trouve être que, « même avec une quantité d'argile faible au total, le sol devient imperméable à la saison humide, et il se craquelle en prismes durcis à la saison sèche » (Elhaï, 1967, p. 276). Cette alternance de gonflement (*naboukhanié*) et de compaction (*ouplotnénié*), cette dernière accompagnée d'une fissuration prismatique, est caractéristique des *solontsy*.

Presque systématiques dans le semi-désert de la Plaine Caspienne, les *solontsy* se rencontrent dans la zone des sols châtain et, par taches, dans celle du tchernoziom. Ils sont les plus répandus sur le piémont caucasien et, en Sibérie, dans la steppe de la Baraba.

La végétation des *solontsy* et des *solontsévatyé potchvy* est plus variée que celle des *solontchaki*. Elle comprend non seulement des halophytes vraies, largement représentées par les Soudes (*Salsola solianki*), mais aussi des plantes plus typiques des sols alcalins. Les cinéhalophytes, que les Russes appellent *kinogalofity*, atteignent ici leur plus grande extension, bien qu'elles existent aussi sur certains *solontchaki*. Ce sont des plantes qui régulent la concentration en sels de leurs tissus ou moyen de l'exsudation. Cette sécrétion (*vydélénié*) se fait par des glandes spéciales ou bien au niveau des poils des feuilles. Chez certaines espèces du genre *Limonium*, les *kermeki* des Russes, les efflorescences forment parfois une pellicule salée (*naliot soleï*) continue qui recouvre les feuilles. Mais les plus agréables plantes s'accommodant des *solontsy* sont indubitablement les Tamarix. Cet arbuste, que les Russes nomment *grébenchtchik*, est ici plus haut que sur les *solontchaki*. Ses glandes de sécrétion du sel, les *solévydodiachtchié jéliozki*, particulièrement efficaces, en font le modèle des cinéhalophytes.

Mais la végétation des sols alcalins comprend aussi de nombreuses fausses halophytes. Ce sont des plantes qui développent des adaptations destinées à les protéger de l'entrée des sels, en particulier la semi-imperméabilité de leur parenchyme racinaire. Ces glycohalophytes (*glikogalofity*) ont ainsi la capacité de filtrer les solutions chargées en sels du sol (Giljarov, 1986). La plus banale des déserts caspiens est l'Armoise noire (*tchiornaïa polyn*). Beaucoup de ces fausses halophytes ont des ports xéromorphes caractéristiques. C'est le cas d'*Anabasis salsa*, une chaméphyte ligneuse qui forme « des coussins plats, de 10 à 15 cm d'épaisseur » (Rougerie, 1988, p. 23). Les Russes la nomment *éjovnik solontchakovy*, bien qu'elle soit beaucoup plus caractéristique des *solontsy* que des *solontchaki* (Trěšnikov, 1988). Elle est plus connue par les pasteurs sous le nom de *biïourgoun* et peut servir de fruste pâturage aux troupeaux de moutons et de chèvres. Ajoutons que certaines Graminées s'accommodent des *solontsy*, notamment le blé d'azur de Chine (*Leymus chinensis*) que les scientifiques russes nomment *kolosniak kitaïski* et la population *vostrets*. Enfin « les lichens affectionnent les *soloniets* » (Berg, 1941, p. 133), en particulier ceux du genre *Aspicilia*. L'espèce la plus répandue, *Aspicilia esculenta*, peut couvrir les sols alcalins de petites pelotes (*komotchki*) grises ou brunes de quelques centimètres de diamètres, librement posées sur le *solonets* et poussées par le vent. Les Russes la nomment *aspitsilia sédobnaïa*, l'*Aspicilia* comestible, vu qu'elle est parfois broutée par les moutons. Son surnom de *lichainikovaïa manna*, littéralement la manne lichéneuse, reste populaire, en souvenir de son utilisation comme nourriture humaine dans les périodes de disette de l'Antiquité et de l'envoi de la nourriture miraculeuse aux Hébreux lors de l'Exode.

---

<sup>33</sup> Cette fraction fine est, au sens strict, la fraction colloïdale, composée de particules inférieures à deux microns. Elle est scientifiquement appelée *kolloidalnaïa fraksia* par les auteurs russes reprenant le vocabulaire international, mais le terme plus chaleureux de *melkoziom* est souvent préféré par les géographes.

#### 2.1.4. Les solodi, des sols halomorphes podzolisés

Les *solodi*<sup>34</sup> sont, de tous les sols halomorphes, ceux dont le profil est le plus évolué. Non seulement les trois horizons ABC sont bien distincts, mais aussi les sous-horizons. Seuls sols de cette famille à se développer sous une végétation assez abondante, la litière A<sub>0</sub> a un développement certain. En dessous, le sous-horizon A<sub>1</sub> est formé d'un humus brut, où la matière organique humifiée abondante, de 8 % et plus selon Triochnikov (1988, p. 285), se mêle mal à la fraction minérale. L'ensemble, assez fortement dispersé, a une structure particulière et se caractérise par son acidité. Selon Lacoste et Salanon (1969, p. 121), les pH de 5 ne sont pas rares. En dessous, le sous-horizon A<sub>2</sub> est nettement exprimé. De couleur blanchâtre, pratiquement dépourvu d'argile, il forme une poudre riche en silice. C'est ce sous-horizon éluvial minéral qui donne son principal caractère de reconnaissance visuelle au *solod*. De même l'horizon B illuvial, se subdivise assez distinctement en un sous-horizon B<sub>1</sub> d'accumulation organique, où la neutralité se rétablit, et un sous-horizon B<sub>2</sub> minéral, où les carbonates de sodium donnent un pH nettement alcalin (Hubschman, 1990, p. 443). C'est cet horizon qui justifie l'appartenance des *solodi* aux sols halomorphes. Puis vient l'horizon C de transition avec la roche-mère. Cette description appelle au moins deux commentaires explicatifs sur lesquels insister.

Le *solod* est le seul sol halomorphe dont le complexe absorbant de l'horizon superficiel soit désaturé en bases échangeables, remplacées par des ions H<sup>+</sup>. Il en provient l'acidité de son horizon A<sub>1</sub> et ses piètres qualités agricoles. De fait, la mise en valeur se fait plutôt par des prairies de fauche que par une exploitation agricole.

Mais l'originalité dynamique principale du *solod*, qui explique d'ailleurs tous les caractères précédents, réside dans le fait que c'est le seul sol halomorphe podzolisé, celui où le lessivage soit si marqué. Les auteurs russes parlent à son sujet de régime hydrique de lessivage périodique (*périoditcheski promyvny vodny réjim*). Le témoin visuel en est son sous-horizon A<sub>2</sub>. Au sens strict, le processus de solodification (*protsess ossolodénia*) est l'enrichissement en silice accompagné de l'appauvrissement en sesquioxydes et du lessivage des colloïdes qui s'y produisent, à partir d'un ancien *solonets*.

Localisés dans certaines dépressions inondables de la Plaine Caspienne et de la Basse Volga semi-arides, sous une végétation de prairie périodiquement humide, les *solodi* sont plus répandus dans la zone des sols châtain et ils sont encore plus nombreux dans la zone de tchernoziom, notamment au nord, trouant les terres noires podzolisées sous steppe boisée. Cette localisation, assez loin au nord, dénote que le *solod* est un sol qui transforme aujourd'hui un ancien sol hérité de périodes plus sèches. La question se pose donc de l'évolution des sols halomorphes et de leurs liens génétiques.

#### 2.1.5. Les liens génétiques entre les types de sols halomorphes

Les sols halomorphes, *solontchaki*, *solontsévatyé potchvy*, *solontsy*, *solodi*, qui paraissent indépendants dans le paysage, sont cependant liés entre eux. Cette relation peut être temporelle ou spatiale. C'est cette complexité qui explique que ce soient des sols qui aient à la fois des traits zonaux et azonaux.

Le lien chronologique est le plus souvent mis en avant par les Russes, hier comme aujourd'hui<sup>35</sup>. Il a été étudié pour la première fois par Hedroitz (cité par Berg, 1941, p. 88), qui démontra que, en un même endroit, l'évolution d'un *solontchak* vers le *solod* en passant par le *solonets* suivait l'humidification du climat dans le temps. Le lessivage du sol augmente, conduisant à son dessalement (*rassolénie*). Les horizons se différencient. Du *solontchak* au *solonets*, en passant par la *solontsévatia potchva*, le taux de saturation en sodium augmente, accompagné d'une croissance de la valeur du pH, qui devient de plus en plus basique. Du *solonets* au *solod*, si l'humidité continue

<sup>34</sup> Le *solod* est l'orthographe française la plus logique au regard du mot russe écrit (*solod* en transcription internationale), bien qu'on trouve aussi souvent *soloth* (par exemple chez Lacoste et Salanon, 1969, Viers, 1970, Hubschman, 1990), plus proche de la prononciation russe orale. Francisé, le pluriel devient *soloths*, mais Timofeev (1982) propose le pluriel français de *soloti*. Nous avons préféré garder ici le pluriel russe *solodi*, en appuyant fortement sur le premier « o » pour la prononciation.

<sup>35</sup> « Les *solontsy* se forment souvent par dessalement des *solontchaki* » (Nizovcev, 2005, p. 141, en russe). « Les *solodi* sont un type de sols se formant essentiellement à partir de *solontsy* lors de l'augmentation de l'humidité et du dessalement » (Tréšnikov, 1988, p. 285, en russe).

d'augmenter, la différenciation du profil est de plus en plus prononcée, avec l'apparition d'un sous-horizon A<sub>2</sub> de podzolisation, mais le taux de saturation en sodium dans le complexe absorbant superficiel se met au contraire à diminuer et l'horizon humifère s'acidifie. Les caractéristiques des trois sols précédents sont, dans le *solod*, enfouis au niveau d'un horizon profond d'accumulation minérale. Finalement, « ces quatre types de sols peuvent constituer dans le temps, en une station donnée, une série évolutive, qui sous l'influence d'un lessivage progressif, va du solontchak au soloth » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 121). Le *solod* correspond ainsi à la « phase terminale » (Duchaufour, 1991, p. 232) de l'évolution.

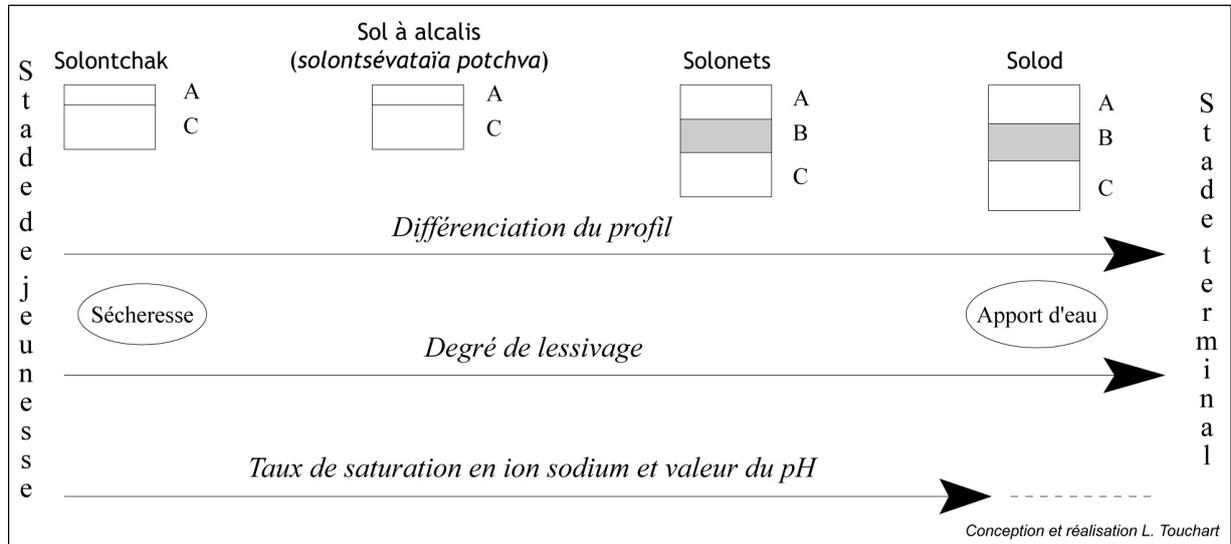


Fig. désert 2 : Le lien temporel entre les types de sols halomorphes

Si l'on admet que, dans une série complète, le sol de départ est toujours un *solontchak*, alors, à petite échelle cartographique, la distribution géographique des types de sols halomorphes s'éclaire sous un jour qui n'est pas aléatoire, mais zonal. Cela rend compte de ce que les *solontchaki* soient concentrés dans le semi-désert, les *solontsy* répandus dans les zones du sol châtain et du tchernoziom, les *solodi* communs dans les dépressions de la zone du tchernoziom et du tchernoziom podzolisé. Selon que l'on veuille marquer le fait qu'ils existent dans plusieurs ceintures bioclimatiques ou que l'on souhaite souligner qu'ils dérivent tous d'un même sol, le *solontchak*, dégradé différemment selon les bandes latitudinales, on insistera tantôt sur leur azonalité, tantôt sur leur zonalité. Les Russes se plaisent à porter l'accent sur le dessalement (*rassolénié*), donc la zonalité<sup>36</sup> de ce processus. « L'origine de ces terrains explique leur succession zonale. Ils représentent chacun un stade de développement du même sol. Le passage de l'un à l'autre est conditionné par le plus ou moins d'humidité du climat » (Berg, 1941, p. 88). Les auteurs français préfèrent souvent souligner la seule azonalité. Ainsi, Demangeot (1981, p. 99) construit la famille des « sols désertiques azonaux » pour classer les sols hydromorphes et halomorphes.

Les sols halomorphes peuvent, dans d'autres cas, être liés entre eux par leur localisation. Entre les points hauts et les dépressions, séparés par une pente, où le lessivage oblique est important, les éléments solubles et les colloïdes sont entraînés et viennent s'accumuler en bas de pente. Il peut ainsi se construire une « chaîne de sols halomorphes » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 121), « où le solonetz est en haut des versants et le solontchak, nourri par le lessivage du solonetz, se trouve au pied des versants » (Demangeot, 1981, p. 101). Cette conception des catenas de sols halomorphes est peu reprise par les auteurs russes, qui considèrent que le lien temporel explique pratiquement tous les cas, s'appuyant sur le fait que « tous ces types de sols [...] se trouvent de préférence dans les dépressions du relief » (Berg, 1941, pp. 87-88). En fait, les deux théories ne sont pas à la même échelle

<sup>36</sup> Cela ne remet pas en cause leur classement en sol intrazonal dans les typologies pédologiques russes, en sol stationnel dans les classifications françaises (Duchaufour, 1991, p. 221).

cartographique. La première explique la répartition à petite échelle, la seconde éclaire certains cas particuliers à grande échelle.

## 2.2. La végétation des sables

### 2.2.1. Le kiak et les autres psammophytes

Les psammophytes (*psammofity*) sont les plantes croissant sur les dunes<sup>37</sup> et autres champs de sables mobiles (*podvijnyé peski*). Ces formations couvrent la quasi-totalité de la Transvolgie d'Astrakhan, où elles constituent les Peski Batpaïsaguyr, qui se poursuivent au Kazakhstan. Mais elles prennent aussi une grande place au sud de la Volga, dans toute la région située au nord-ouest de la ville elle-même d'Astrakhan. Par l'intermédiaire de champs plus éparses et de plus petite taille, les sables débordent sur la moitié orientale de la Kalmykie. Plus au sud, les massifs sableux de la steppe de Nogaï occupent le nord-ouest du Daghestan, le nord de la Tchétchénie et l'extrême sud-est de l'oblast de Stavropol. En Sibérie, les *peski* sont moins répandus, mais on en trouve en Transbaïkalie, que ce soit en Bouriatie ou dans l'oblast de Tchita.

Les psammophytes sont avant tout des *zakrépitéli*, plantes fixatrices. Elles piègent les particules sableuses, que le vent dépose à l'abri de cette barrière végétale, construisant ainsi de petites éminences qui forment un paysage bosselé caractéristique.



Cliché L. Touchart, août 2008

Photo 73 Champs de sable et psammophytes de Sibérie

Les plus grands champs de sable russes, les *peski*, se trouvent dans la partie européenne de la Russie, mais la Sibérie en compte quelques-uns de petite taille. Dans l'île d'Olkhon, les *peski* sont favorisés par la grande faiblesse des précipitations et la fourniture de sable par les dunes littorales du lac Baïkal, dont le matériel est repris par le vent en direction de l'intérieur des terres. Ces champs de sables mobiles sont colonisés de plantes, les psammophytes, qui fixent une partie des particules.

<sup>37</sup> Les géographes russes emploient le mot international de dunes (*diouny*) plutôt dans le cas des accumulations littorales. Pour les modelés continentaux désertiques qui nous intéressent ici, ils emploient *peski* (sables) ou des dérivés, comme massifs sableux (*pestchanyé massivy*). Le terme de *podvijnyé peski* correspond aux sables mobiles et non pas, contrairement à ce qui a pu être écrit dans les traductions françaises de Berg (1941) et Rodine (1956), aux sables mouvants.

En retour, les psammophytes doivent résister au *zassypanié*, c'est-à-dire au recouvrement par le sable, à l'enfouissement, à l'ensevelissement sur la face sous le vent<sup>38</sup>, y compris des parties fragiles comme les bourgeons. Il leur faut à l'inverse lutter contre l'*obnajénié*, cette mise à nu, ce déchaussement intervenant sur la face au vent.

Les psammophytes préviennent cette double menace<sup>39</sup> en croissant avec une grande rapidité en cas de besoin<sup>40</sup>, en poussant des racines auxiliaires (*pridatochnyé korni*), en abandonnant les parties ensevelies ou déchaussées au profit des nouvelles racines<sup>41</sup>, effectuant ainsi une sorte de transplantation (Trěšnikov, 1988, p. 251), et en donnant « des racines profondes ou fortement ramifiées au ras du sol<sup>42</sup> » (Rodine, 1956, p. 222).



Cliché L. Touchart, août 2008

Photo 74 *Paysage bosselé et psammophytes fixatrices*

Les psammophytes sont essentiellement des fixatrices, les *zakrépitéli* des Russes. Piégeant le sable, elles forment un paysage bosselé. La photo a été prise dans les champs de sables mobiles d'Olkhon.

L'adaptation des racines grandes pivotantes est aussi utile pour puiser l'eau, qui s'infiltré rapidement et ne reste pas en surface, mais n'est pas toujours rare à quelques mètres en dessous.

Dans la Plaine Caspienne, le fixateur (*zakrépitél*) principal des champs de sables mobiles est une Graminée que les autochtones appellent le *kiak*. Pour les géographes russes, c'est un *volosnets* (Rakovskaja et Davydova, 2003, p. 263), terme regroupant les trois principales espèces

---

<sup>38</sup> « Les représentants de cette flore psammophile sont adaptés à ce substrat souvent mobile : ils résistent à l'enfouissement en s'élevant sur les bosses sableuses qui se forment à leur abri, les *nebkas* ; la topographie mamelonnée des sables fixés par la végétation est typique de plusieurs secteurs, au Sahara comme en Asie centrale (avec des genres identiques ou voisins, *Ephedra*, *Tamarix*, *Caragana*, *Artemisia* » (Elhaï, 1967, p. 274).

<sup>39</sup> « Ce sont là des plantes typiquement édificatrices, qui vivent en association – on a même dit « en symbiose » - avec les sables vifs : ceux-ci sont piégés par l'obstacle végétal, lequel échappe à l'ensevelissement, tout comme au déchaussement, en développant des systèmes racinaires démesurés » (Rougerie, 1988, p. 29).

<sup>40</sup> « Les bourgeons sont souvent enterrés, ce qui signifie que les pousses doivent traverser 15 à 30 cm pour atteindre la surface. Ceci implique une très grande rapidité de croissance » (Biro, 1965, p. 460).

<sup>41</sup> « En raison des variations de hauteur du niveau du sable, le réseau racinaire doit être constamment remanié. Un réseau superficiel nouveau se greffe directement sur les troncs ensevelis » (Biro, 1965, p. 460).

<sup>42</sup> Les travaux de M.P. Petrov, des années 1930 aux années 1950, furent pionniers en la matière.

psammophytes<sup>43</sup> du genre *Leymus*<sup>44</sup>, lequel compte aussi des espèces steppiques. Pour les Français, le *kiak* est « l'avoine des sables » (Berg, 1941, p. 134) ou « le blé des sables » (Rougerie, 1988, p. 28). « C'une grande plante, qui s'élève à 1,5 m et même davantage, et que broutent volontiers chevaux et bêtes à cornes » Berg (1941, p. 134). L'autre Graminée fixatrice du pays d'Astrakhan est le Chiendent de Sibérie (*Agropyrum sibiricum* ou *A. fragile, jitniak sibirski*), « dit *erkek* par les gens du pays et qui est particulièrement apprécié par les chevaux » (Berg, 1941, p. 134).

En dehors des Graminées, les principales psammophytes sont l'Armoise des sables (*Artemisia arenaria*), que les Russes nomment la *polyn pestchanaïa* ou, plus simplement, le *chaguyr*, ainsi que des sous-arbrisseaux du genre *Calligonum* (*djouzgoun* des Russes) et plusieurs espèces du genre *Salsola*, en particulier la Soude de Richter (*Salsola richteri*), que les Russes appellent le *tcherkez*.

### 2.2.2. Le marchand de sable s'enrichit

Dans les dépressions des déserts sableux, au pied des amas mobiles, la granulométrie reste souvent grossière, mais le rôle du vent est amoindri, les problèmes de déchaussement et d'enfouissement se posent avec moins d'acuité, le régime hydrique est différent, plus favorable. Souvent aussi, une proportion significative de particules plus fines varie quelque peu la granulométrie. On a alors des sols sableux plus fixes, les *pestchanyé potchvy*, moins souvent tronqués par la mobilité et dont les caractéristiques hydriques, issues de leur texture, sont loin d'être défavorables aux plantes, dans les conditions de climat semi-aride.

D'abord, quand les rares précipitations surviennent, elles s'infiltrent rapidement en profondeur, puisque la perméabilité à l'eau (*vodopronitsaïémost*) de ces sols est très élevée, du fait de la grande taille des pores, les *potchvennyé pory*, séparant les particules grossières. Ainsi, les pertes par évaporation sont minimales, de même que celles par ruissellement. Bref, toute l'eau, ou presque, entre dans le sol. Selon la vigoureuse formule lapidaire de Pierre Birot (1965, p. 460), « l'eau pénètre facilement et remonte difficilement ». Certes l'eau de gravité, qui va librement rejoindre les nappes, est proportionnellement une perte importante pour les horizons supérieurs des sols sableux, mais certaines plantes à enracinement profond sont justement capables d'aller en chercher une partie.

La capacité de rétention au champ (*polévaïa prédelnaïa vlogoïomkost*), soit l'eau susceptible de rester dans le sol une fois soustraites les fuites d'eau libre en direction de la nappe, représente, il est vrai, une quantité assez faible. Mais il s'agit, en grande partie, d'une eau disponible (*dostoupnaïa vloga*), effectivement, pour les plantes. En effet, la proportion d'eau de capillarité par rapport à l'eau hygroscopique y est la plus élevée de tous les sols. C'est que, vu la grande taille des particules, leur surface externe est petite par rapport à leur volume, donc la pellicule d'eau adhérant au grain est petite. Ainsi, le volume d'eau susceptible d'être retenu aux particules sableuses par des forces importantes, c'est-à-dire la *guidroskopitcheskaïa vlogoïomkost* (capacité en eau hygroscopique), est proportionnellement réduit. Donc, dans un pourcentage inverse, le volume d'eau susceptible d'occuper les pores entre les particules, c'est-à-dire la *kapilliarnaïa vlogoïomkost* (capacité en eau capillaire), est grand. Or c'est cette eau, qui n'est pas retenue par des forces dépassant celles de succion des racines, qui peut être prélevée par les plantes. C'est l'importance de cette eau libre (*svobodnaïa voda*) qui explique qu'un sol sableux, lequel comporte beaucoup d'inconvénients en région humide, puisse devenir au contraire favorable<sup>45</sup> à la végétation dans une région de déficit d'eau. En outre, grâce à sa latitude élevée, le désert russe, par son long froid hivernal, souffre une évaporation annuelle plutôt basse, qui permet à l'eau de ne pas être totalement perdue quand la granulométrie grossière l'autorise. Le désert russe possède donc des dépressions sableuses plus favorables que la moyenne mondiale pour la végétation.

Il faut ajouter que les sols sableux comportent une partie importante d'humidité sous forme de vapeur d'eau contenue dans l'air (*potchvenny vozdoukh*) remplissant les pores des horizons supérieurs. Celle-ci se condense et fournit de l'eau liquide aux plantes si le degré de chaleur dans le sol diminue

<sup>43</sup> Notamment, en plus du *kiak*, *Leymus arenarius* (*kolosniak pestchany*) et *Leymus racemosus* (*kolosniak kististy*), soit le *Leymus* des sables et le *Leymus* en grappes.

<sup>44</sup> Le *kiak* est en latin *Elymus giganteus*, selon Berg (1941, p. 134). Giljarov (1986, p. 273) indique que jadis les genre *Elymus* (*pyréïnik* des Russes) et *Leymus* (*kolosniak* des Russes) étaient confondus.

<sup>45</sup> « Toute l'année dans les régions arides [...], la situation est meilleure pour les plantes dans les sols sableux, légers, poreux, que dans les sols argileux » (Elhaï, 1967, p. 77).

jusqu'à ce que le point de saturation soit atteint. Or les sables, par la grande taille des pores séparant les particules et la bonne aération qui s'ensuit, sont les plus aptes à laisser passer le refroidissement (Biro, 1965, p. 460). Comme le désert russe, marqué par la continentalité, connaît de fortes amplitudes thermiques entre le jour et la nuit, il est particulièrement favorable à l'humectation des premiers décimètres au petit matin.

Pour toutes ces raisons, la végétation vient mieux dans les dépressions et ne s'y réduit pas aux seules psammophytes. Elle peut être arbustive et même arborée<sup>46</sup>. « Dans les cuvettes humides, on voit fréquemment pousser des osiers, des saules pleureurs et d'autres arbrisseaux » (Berg, 1941, p. 134). On y trouve même plusieurs espèces de Saule (*iva*) et de Peuplier (*topol*), en particulier le Peuplier blanc (*Populus alba*, *bély topol*), le Peuplier noir (*Populus nigra*, *ossokor*) et le tremble (*Populus tremula*, *ossina*). L'Olivier de Bohême<sup>47</sup> (*Elaeagnus angustifolia*, *lokh ouzkolistny*) est typique des dépressions sableuses du pays d'Astrakhan (Baldina *et al.*, 1999, Rakovskaïa et Davydova, 2003, Baranov et Kozitsyn, 2003). De l'autre côté de la frontière, les cuvettes sableuses du désert du Ryne, au Kazakhstan, sont d'ailleurs peuplées de la même essence (Berg, 1941). Ce petit arbre a un remarquable enracinement traçant qui lui permet de fixer les sables à l'instar des psammophytes. Aujourd'hui, l'Olivier de Bohême couvre, selon les études précises de Baranov et Kozitsyn (2003), 2 173 hectares dans la région d'Astrakhan, correspondant à une réserve de 127 500 kg de fruits. Ces derniers, surnommés en France dattes de Trébizonde, sont en effet consommés, frais ou séchés, du fait de leur grande teneur en sucre. Bien entendu, certaines dépressions interdunaires, surtout si elles correspondent à un terminus d'écoulement, ne sont pas sableuses, mais argileuses. Ces *takyry*, en général dépourvus de végétation, parfois inondés saisonnièrement, souvent liés à des *solontchaki* actifs en surface ou à des *solontchaki* hérités en profondeur, ne sont pas, au contraire des dépressions à sol sableux, des cuvettes riches en végétation, mais elles sont à l'inverse plus pauvres encore que leurs alentours<sup>48</sup>.

D'autres dépressions désertiques, enfin, sont les plus riches de toutes. Ce sont celles qui sont traversées par des cours d'eau allogènes.

### 2.3. Les sols alluviaux et la végétation des oasis de la Volga et du Terek

Les sols alluviaux (*poïmennyé potchvy*), qui existent aussi dans les autres zones biogéographiques, prennent à la traversée des déserts une importance relative démesurée, concentrant la vie végétale et animale. Ces oasis naturelles concernent principalement la basse Volga, la Kouma et le Terek. Depuis que la basse vallée de l'Oural se trouve en territoire kazakh indépendant, le ruban végétal qui suit ce fleuve ne concerne plus directement la Russie, bien que le cours moyen possède déjà quelques traits assez proches.

Les *poïmennyé potchvy* sont des sols feuilletés, dans lesquels les horizons humifères s'interstratifient avec des dépôts de granulométrie différente. Ils sont appréciés pour leur *plodorodié*, leur fertilité. A l'état naturel, ils sont suivis par des rubans de végétation dont la diversité, la biomasse et la productivité sont très supérieures à la maigre steppe environnante<sup>49</sup>. Pour simplifier une mosaïque compliquée par les bras morts et les marécages, deux formations végétales se distinguent, d'une part les *poïmennyé louga*, d'autre part les *poïmennyé lessa*.

---

<sup>46</sup> « Les forêts supportent mieux l'aridité sur sol grossier que sur sol fin, et [...] la végétation [est] plus fournie dans les pays arides sur sables que sur argile » (Elhaï, 1967, p. 77).

<sup>47</sup> Que les Anglais appellent olivier de Russie.

<sup>48</sup> « La perméabilité [...] des argiles en général, est faible ; la majeure partie des eaux de pluie ruisselle et s'évapore sans être absorbée. Ce phénomène s'observe aisément sur les *takyry* se trouvant, dans les déserts sablonneux, entre les cordons dunaires et occupant parfois des surfaces énormes. Les *takyry* sont unis comme une table. Par temps sec, leur surface est dure, et se craquèle en polygones de formes et de dimensions variées ; au printemps, les *takyry* se transforment en lacs très peu profonds, dits *khaty*, atteignant des dizaines de kilomètres de longueur. [...] Un autre caractère des sols argileux est leur capillarité élevée, due à la très grande finesse des particules constitutives. [...] La surface étant chauffée par le soleil, l'évaporation aspire l'eau souterraine de bas en haut et, avec elle, vont remonter les sels qui se déposeront dans les couches superficielles » (Kachkarov et Korovine (1942, p. 64).

<sup>49</sup> « Traversing the arid Caspian lowland, the valley of the Volga lower section is remarkable for a broad variety of vegetation whose biological productivity is considerably superior to that of zonal xerophytic communities. Swamps, meadows, fens and forests contribute to the vegetation of the region" (Golub et Mirkin, 1986, p. 337).

Les *poïmennýé louga* de la basse Volga sont des prairies inondables naturellement riches en Graminées, dont les genres dominants sont *Agropyrum*, *Bromus*, *Dactylis*, *Phalaris* (Rodine, 1956). Parmi les autres familles, les Liliacées donnent de beaux parterres de Tulipe sauvage (*Tulipa biebersteiniana*, *tioulpan Biberchteinä*), notamment dans la région d'Akhtoubinsk. Ces prairies sont trouées de marécages, qui s'assèchent pour certains en fin d'été, où poussent des cortèges plus humides. Dans l'auréole extérieure règnent les Cypéracées, certaines banales, d'autres plus rares, comme la Laïche d'Omsk (*Carex omskiana*, *ossoka omskaïä*). Plus proches de l'eau, les roselières font une large place au *trostnik* (*Phragmites*). Ces terrains marécageux comptent aussi un certain nombre de plantes médicinales, traditionnellement cueillies. C'est le cas de la Renouée poivre d'eau (*Polygonum hydropiper*, *gorets péretchny* ou bien *vodianoi pérets*), dont les tiges roussissent à l'automne pour former des paysages fauves caractéristiques. Les Russes ont toujours ramassé le Poivre d'eau en aval en Volgograd pour ses qualités hémostatiques. En dehors des aires protégées, les *poïmennýé louga* sont aujourd'hui pâturées ou, plus rarement, mises en culture.

Les *poïmennýé lessa* sont des forêts alluviales dont les plus importantes du désert russe ont toujours été celles de la Volga inférieure. Le Chêne pédonculé (*Quercus robur*, *doub tchérechchaty*) en forme l'espèce la plus noble, qui développe ici un écotype volgien particulier. Cette essence forme un poste avancé vers le sud, qui atteint presque le 48<sup>e</sup> parallèle, à cent cinquante kilomètres en aval de Volgograd. Les chênaies alluviales (*poïmennýé doubravy*) constituent assurément l'écosystème le plus majestueux de la végétation des oasis naturelles de Russie et certaines ont un sous-bois de Fougères, les *paporotniki*, du plus bel effet. Les ormaies (*ilmovýé lessa*) et, surtout, les peupleraies (*topolevniky*) descendent plus loin vers le sud et on les trouve sans plantation jusqu'à 47°15' de latitude nord, à 250 km en aval de Volgograd. Léon Berg (1941) leur met comme limite naturelle le village d'Iénotaïevka<sup>50</sup>. L'Orme est parfois mêlé au Chêne pour former des ormaies chênaies inondables, en particulier quand il s'agit de l'Orme lisse (*Ulmus laevis*, *viaz gladki*). Dans d'autres cas, il forme des peuplements purs, surtout l'Orme champêtre (*Ulmus foliacea*), que les scientifiques russes appellent *viaz listovaty*, mais que la population nomme *bérets* ou bien *karagatch*. Le sous-bois est souvent dominé par l'Ortie et la Reine-des-prés. Ces forêts alluviales sont les *krapivno-tavolgovýé ilmovýé lessa*, les ormaies à Ortie et Spirée (Utkin *et al.*, 1995). Quant aux peupleraies, elles sont composées du Peuplier noir (*Populus nigra*, *topol tchiorny*) et du Peuplier blanc (*Populus alba*, *topol bély*). L.E. Rodine (1956) ajoute que les forêts inondables de la basse Volga sont évidemment riches en Saules, en particulier *Salix alba*, *S. trianda* et *S. viminalis*. Certaines de ces peupleraies saulaies ont une physionomie proche du *tougai* des populations turcophones d'Asie centrale.

Les forêts alluviales de la basse Volga formaient une oasis naturelle de plusieurs milliers de kilomètres carrés, qui étaient traditionnellement exploitées jusqu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Décrivant la situation du tout début du XX<sup>e</sup> siècle, P. Camena d'Almeida (1932, p. 85) écrivait : « ce n'est que le long des bras de la basse Volga, dans son delta, le long de l'Oural et autres cours d'eau de la steppe que l'humidité entretient des saules, des peupliers et de vastes fourrés de roseaux, utilisés pour le fourrage, le chauffage, la construction des cabanes ». Aujourd'hui, c'est évidemment la région la plus peuplée du désert russe. Des canaux d'irrigation ont été ajoutés aux bras naturels et l'oasis est occupée. D'autres parties sont cependant protégées sous divers statuts, en particulier le parc naturel du lit d'inondation de la Volga et de l'Akhtouba.

### **3. La steppe et les grandes cultures de la Russie sont-elles menacées par les remontées désertiques ?**

Un certain nombre de contraintes, de dommages environnementaux et de réponses à celles-là ou à ceux-ci sont communs au semi-désert à la steppe. Comme ce sont des phénomènes arides faisant des incursions plus haut en latitude, il a été choisi de les rassembler ici. Il s'agira d'abord de grouper les problèmes et les tentatives d'aménagement concernant les terres salées. Il conviendra ensuite d'effleurer la question de l'influence des transports de poussières sur la végétation, préférant insister

---

<sup>50</sup> « Les prairies inondables de la Volga sont parsemées de chênes, arbre qui descend au sud jusqu'à la latitude du lac Baskountchak, d'ormes et de peupliers noirs, essences qu'on ne trouve plus dans la région de Iénotaïevsk » (Berg, 1941, p. 134).

sur les réponses apportées par la société russe pour essayer de les contrer. Il faudra enfin montrer combien il serait préférable de traiter les problèmes à la source ; l'un des moyens consiste à créer des aires protégées aussi dans le milieu semi-désertique, bien que la tradition russe soit de multiplier avant tout dans la zone forestière.

### 3.1. La société russe face aux problèmes de salinisation des terres

#### 3.1.1. La mise en valeur des sols halomorphes

La grande surface occupée par les sols halomorphes à l'état naturel dans le milieu semi-aride de la Russie et dans la steppe méridionale a incité la société russe à tenter de les conquérir, aux époques où le gain de nouvelles terres était indispensable pour répondre à la pression démographique. Certains régimes politiques qu'a connus la Russie ont pu aussi avoir l'ambition de présenter cette mise en valeur comme une vitrine. Quelles qu'en fussent les raisons, l'ensemble des actions menées pour cette conquête a toujours été placé, pour les Russes, sous le chapeau de la *mélioratsia*. Cette bonification des sols comprend des opérations communes à presque toutes les situations, d'autres plus particulières à chacun des types de sol.

Parmi les actions toujours nécessaires, la *promyvka* est la plus importante. Elle consiste en un lessivage des sels. Leur évacuation se fait par le maniement d'apports d'eau en grande quantité suivis d'un drainage efficace. Cette opération se poursuit parfois par la mise en place d'un nouveau régime hydrique, contrôlé. Il faut en outre changer la composition chimique et la structure du sol et l'enrichir en matière organique. Dans tous les cas, et *a fortiori* quand une croûte existe, le *rykhlénié* est indispensable. Cet ameublissement doit être réalisé plus ou moins profondément en fonction du type de sol. De toute façon, pour obtenir de bons résultats, la plupart des actions précédentes doivent être dosées de manière différenciée selon qu'il s'agit d'un *solontchak*, d'un *solonets* ou d'un *solod*.

La conquête des *solontchaki* nécessite une *promyvka* particulièrement abondante, car le lessivage des sels est long et difficile. Le risque est que cela mène à un enrichissement en sodium, qu'on évite si le drainage est efficace<sup>51</sup>. En outre, il faut couper le lien qui existait le plus souvent avec la nappe, surtout dans le cas d'un *solontchak* hydromorphe. L'abaissement du niveau des eaux souterraines (*ponijénié ourovnia groutovykh vod*) est alors l'action délicate dont dépend la réussite durable de la bonification.

La conquête des *solontsy* fait passer au premier rang l'appauvrissement en sodium et son remplacement par le calcium<sup>52</sup>. La gypsification (*guipsovanié*) devient une opération prioritaire, l'apport de sulfates permettant à la fois cette substitution et l'amélioration de la structure du sol. La *promyvka* reste évidemment essentielle pour lessiver les sels, cependant que le drainage est indispensable pour tenter d'équilibrer le pH. L'apport d'engrais organiques est déjà nécessaire, moins cependant que dans le cas suivant.

Pour mettre en valeur des *solodi*, un grand soin doit être apporté au drainage, et même à l'assèchement. Il faut en outre déverser « de fortes doses d'engrais organiques » (Trěšnikov, 1988, p. 285, en russe).

Toutes ces actions de bonification des sols halomorphes sont délicates et, si elles ne sont pas menées au mieux, elles peuvent aboutir à une dégradation du milieu là où une amélioration était au contraire recherchée. Traitant de l'échelle mondiale, Henri Elhaï (1967, pp. 276) écrivait d'une manière générale que « les graves défauts de ces sols rendent leur amélioration difficile et des remèdes apportés sans discernement peuvent donner des résultats encore plus désastreux ». La Russie a connu de tels déboires.

#### 3.1.2. La difficile maîtrise de l'irrigation et la dégradation des sols

Les résultats de la bonification, de la mise en culture et de l'irrigation des terres semi-arides de la Russie ont été mitigés. Certaines terres ont été effectivement gagnées à la culture, d'autres ont vu leur infertilité s'aggraver, cependant que d'autres encore devenaient salées alors qu'elles ne l'étaient

<sup>51</sup> « Le désalage [...] par irrigation et drainage simultané est une opération délicate » (Duchaufour, 1991, p. 232).

<sup>52</sup> La culture de certaines halophytes bien choisies peut permettre d'enrichir les *solontsy* en ion calcium (Šamsutdinov, 2008).

pas au départ. Deux problèmes pédologiques principaux peuvent être dégagés, d'une part la transformation anthropique de *solontchaki* en sols alcalins, d'autre part l'apparition artificielle de nouveaux *solontchaki*.

L'apport de grandes quantités d'eau douce pour la *promyvka* de la bonification, puis pour l'agriculture, peut conduire à une hydrolyse des argiles et à un lessivage des colloïdes. La perte du calcium aboutit à des recombinaisons en carbonates de sodium ou, en tout cas, à un enrichissement relatif du sol en sodium. Le pH augmente et les *solontchaki* se transforment en sols à alcalis puis en *solontsy*. Les colloïdes de même charge se repoussent et la dispersion est trop forte, dégradant ainsi la structure du sol, qui devient mal aéré, imperméable quand il y a de l'eau, craquelé quand il en manque. « Par suite d'irrigation d'eau douce sur terrains salés [...] ce processus aboutit donc à une dégradation progressive de la structure du sol, laquelle tend alors vers le type particulière compact » (Lacoste et Salanon, 1969, p. 121). Partout où le drainage a été insuffisant, une alcanisation de ce type s'est produite. La steppe sibérienne de la Koulounda a souffert de cette évolution et des mesures sont prises pour tenter de changer le régime hydrique des *solontsy* d'origine anthropique (Paramonov *et al.*, 2003, Černyh et Zolotov, 2009). Ce problème est cependant moins grave que le suivant.

La création anthropique de nouveaux *solontchaki* à cause d'une mauvaise gestion de l'irrigation est une dégradation plus importante, qui ne se contente pas de modifier la chaîne des sols halomorphes. Comme l'écrit A.F. Triochnikov (1988, p. 286, en russe), « en régime irrigué non rationnel, il peut apparaître des *solontchaki* de salinisation secondaire ». Ces *solontchaki vtoritchnogo zassolénia* proviennent en général d'une nouvelle hydromorphie, créée par les apports d'eau d'origine anthropique.

La steppe sèche située à l'est de la Volga est sans doute la région russe qui a le plus souffert, d'une part de salinisation secondaire, d'autre part, surtout, d'alcanisation (solontsisation) secondaire<sup>53</sup>. L'existence de *solontsy* naturels dans les steppes transvolgiennes, à hauteur de la moitié environ de la superficie totale de la partie méridionale, rend l'irrigation risquée (Egorov, 1964). D'une part, ils libèrent du sodium, d'autre part leur faible perméabilité les transforme en flaques, marécages ou autres. « Dans ces conditions, si on irrigue avec des normes moyennes, même si la parcelle a été parfaitement aplanie, les taches de solonetz rendent impossible une répartition égale de l'eau » (Marchand, 1990, p. 497). Comme leur vitesse d'infiltration est très faible, on est tenté d'apporter plus d'eau encore pour les humidifier sur une épaisseur intéressante pour la mise en culture. Ces apports massifs, sans drainage ou avec un drainage insuffisant, conduisent à une remontée de la nappe, qui salinise ou alcalinise les sols. Dans les steppes transvolgiennes irriguées, cette remontée s'est produite beaucoup plus vite que les experts russes ne l'avait prévue. Dans la Transvolgie de Saratov, B.I. Kostin *et al.* (1981) ont considéré qu'une quinzaine d'années avait suffi à provoquer une solontsisation secondaire de la quasi-totalité des sols, ou, dit autrement, avait conduit à plus que doubler la place prise par les *solontsy* naturels en créant des *solontsy* anthropiques sur les anciens sols châtain. C'est bien le manque de drainage qui a causé la catastrophe, accentuée par la volonté de dépasser les normes d'irrigation pendant des années<sup>54</sup>.

C'est beaucoup plus au sud que se trouvent les deux grands canaux d'irrigation de la Russie semi-aride. Celui qui joint le Térék à la Kouma (*Tersko-Koumski kanal*) arrose le milieu semi-désertique de l'oblast de Stavropol depuis les années Cinquante<sup>55</sup>. Il se poursuit au nord de la Kouma

---

<sup>53</sup> « Les steppes transvolgiennes. L'objectif était de conquérir à l'agriculture irriguée quelque six millions d'hectares de steppes sèches vouées à l'élevage extensif, mais devant les échecs enregistrés, ce projet fut abandonné » (Marchand, 2007b, p. 67). L'étude de cet échec est détaillée dans les articles précédents du même auteur et dans sa thèse de doctorat d'Etat (Marchand, 1986, 1990, 1991). J. Radvanyi (2007, p. 361) résume quant à lui : « lors de la mise en eau des steppes sèches de la rive gauche, l'absence de drainage, le dépassement des normes de mise en eau ont entraîné souvent la remontée des nappes phréatiques dans des sols chargés de sels. »

<sup>54</sup> « Les populations de la steppe n'avaient aucune expérience de l'irrigation. [...] L'eau est gratuite et leur activité économique est jugée sur la couverture (et si possible le dépassement) du plan. Dans ces conditions, et on aurait pu s'en douter, les populations ont réagi en dépassant les normes d'irrigation dans l'espoir de récolter plus » (Marchand, 1990, p. 501).

<sup>55</sup> Il était en cours de construction lors du XVIII<sup>e</sup> Congrès International de Géographie, si bien qu'A.N. Rakitnikov (1956, p. 310) pouvait écrire : « les travaux d'irrigation d'une grande envergure ont été entrepris dans la partie la plus occidentale de la vaste zone semi-désertique de l'URSS, située entre le Térék et la Kouma. Actuellement on est en train de construire le canal Térék-Kouma qui par libre écoulement alimentera en eau les territoires de la steppe de Nogai ».

par le canal des Terres Noires (*Tchernozemelski kanal*), plus récent, qui permet surtout d'irriguer les pâturages de la république de Kalmoukie. Mais de nombreux *solontchaki* se sont développés.

Au total, le rapport *Aquastat* de la FAO estimait en 1995 que la Russie comptait 243 000 km<sup>2</sup> de *solontchaki* et 150 000 km<sup>2</sup> d'autres sols halomorphes, sans préciser leur part respective d'origine naturelle et anthropique. En comparaison d'autres pays, le Worldwatch Institute (cité par Y. Lageat, 2004, p. 169) indiquait en 1990 que 36 % des terres irriguées de l'Inde étaient dégradés par salinisation, 27 % aux Etats-Unis et 12 % en URSS. Mais René Létolle et Monique Mainguet (1993, p. 209) écrivaient que « la salinisation des sols touche la quasi-totalité des terres irriguées en URSS ». Les études occidentales, qui, au sujet de l'aridité, concernaient surtout l'Asie Centrale, s'intéressent moins à cette question pour la Fédération de Russie.

### 3.2. Les Russes sablent-ils la champagne ?

Les vents de poussière, l'avancée des sables et le rôle de la végétation sont déjà mêlés à l'état naturel. Cependant, le risque devient aigu quand le milieu est mis en culture. Le sable avance-t-il sur les champs et, si oui, comment l'arrêter ? Les dommages causés par les vents de poussière fine ne sont-ils pas plus fréquents et plus amples ? Des questions granulométriques se posent, les éléments grossiers restant un problème pour les seuls espaces irrigués du semi-désert, tandis que les poussières sont susceptibles de dévaster aussi toute la steppe. Il a été choisi de ne pas aborder ici les phénomènes géomorphologiques qui dépasseraient de trop l'approche biogéographique et pédologique. La déflation sera effleurée, mais le ravinement et l'érosion hydrique ne seront aucunement étudiés.

#### 3.2.1. Les tempêtes noires, un poudrage du désert sur la végétation steppique

La mise en valeur des semi-déserts de la Russie et des régions steppiques les plus proches pose le problème de l'enlèvement des particules fines du sol arable et de leur transport sur de grandes distances. Les dégâts faits à la végétation sont de deux types. Sur le lieu de la déflation, les éléments argileux et limoneux fertiles sont enlevés par le vent et tronquent les horizons les plus aptes à la culture. Sur le lieu de l'accumulation, la végétation, naturelle ou plantée, et surtout les semences sont recouvertes d'une pellicule ou ensevelies sous cet apport allogène et souvent desséchant.

Ces phénomènes touchent le sud de la Russie d'Europe et de la Sibérie occidentale dans des conditions climatiques de flux de sud et de sud-est. Les tempêtes de poussière (*pylnyé bouri*) peuvent se produire en toute saison, y compris en hiver, du moins lors des années pendant lesquelles la neige manque (Trěšnikov, 1988). C'est cependant de loin l'été la période de prédilection des *tchiornyé bouri*, ces tempêtes noires les plus chargées en éléments<sup>56</sup>, qui obscurcissent le ciel au point de boucher la vue. Dans ce cas, la poussière est transportée par le *soukhovéï*, ce vent desséchant qui est en quelque sorte le sirocco russe. Deux inconvénients se cumulent alors. Aux dégâts liés aux particules transportées s'ajoutent ceux de la sécheresse brûlante qui endommage la végétation et les récoltes.

A l'état naturel, les zones de départ des particules concernent surtout l'Asie Centrale et secondairement le désert russe de la Caspienne. Mais l'anthropisation des régions steppiques et leur mise en culture a élargi les surfaces soumises à l'enlèvement des particules. La déflation est d'autant plus prononcée que la *raspachka*, qui représente pour les Russes à la fois le défrichement et la mise en labour, a été déraisonnable. On a alors une sorte de remontée des problèmes désertiques dans la zone de steppe. La Russie d'Europe steppique et semi-désertique a connu une mise en valeur assez ancienne et progressive, qui n'a cependant pas évité toute déflation des terres agricoles (Vasil'ev *et al.*, 1988). Mais c'est la partie asiatique du territoire qui a subi une colonisation plus récente et brutale. Bien que le programme des Terres Vierges eût surtout concerné le Kazakhstan, le sud-ouest de la Sibérie russe

---

<sup>56</sup> « L'aridité est redoublée par la présence des vents secs qui nuisent à la végétation. Parfois les vents secs dégénèrent en tempêtes noires (tempêtes de poussière) qui se forment par suite d'entraînement des particules fines des horizons supérieurs du sol » (Milkov, 1956, pp. 394-395).

était aussi compris dans le périmètre défriché et mis en culture par de vastes sovkhoses dans les années 1950 et 1960. Devant l'érosion des sols, une partie a été remise en pâturage extensif.

Les zones d'arrivée des poussières couvrent toute la zone de steppe et débordent même, au nord, sur la forêt mixte, voire la subtaïga. En Europe, des *pylmyé bouri* montent jusqu'à Oufa (Trěšnikov, 1988). En Sibérie, on en a signalé à Tomsk (Marchand, 2007).

La lutte contre les vents de poussière passe par des mesures de protection contre l'érosion des sols dans les zones de déflation et, éventuellement, quelques opérations complémentaires pour fixer les accumulations aux endroits voulus. Cet ensemble est désigné par les Russes comme *agrotekhnitcheskié méropriatia*. Dokoutchaïev préconisa les premières de ces mesures agro-techniques dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. La plus classique reste la plantation d'arbres à des endroits choisis en fonction de la direction des vents et des terrains à préserver en priorité<sup>57</sup>. Ces boisements se font sous forme de massifs forestiers ou bien de simples haies. A la fin des années 1940, l'URSS lança le plan de boisement de la steppe<sup>58</sup>, qui devait, en quinze ans, concerner cent vingt millions d'hectares. Le géographe français Pierre George (1949, p. 154) expliquait alors qu'il « s'agit d'une transformation radicale du paysage rural, qui doit faire de la steppe un bocage à très larges alvéoles ». Le boisement lui-même, qui devait couvrir six millions d'hectares, fut en partie réalisé. L'ensemble des techniques aboutissant à la création de haies et de massifs forestiers, forme le *polézachtchitnoïé lessorazvédénié*, la plantation forestière de protection des champs, ou, plus simplement la *lessomélioratsia*, la bonification forestière, qui a continué d'occuper les Russes pendant un demi-siècle.

La continuité a prévalu après la chute de l'URSS, tout en tentant de faire des efforts supplémentaires sur l'aspect qualitatif. Quand le Programme d'action pour la lutte contre la désertification<sup>59</sup> fut lancé en Kalmykie en 1994, l'une des mesures-phares en fut évidemment la création de massifs boisés (Gol'eva, 2009). En Sibérie occidentale, une réflexion récente sur les espèces à privilégier dans les plantations de protection des champs a été menée. C'est ainsi que certains feuillus, tels l'Erable (*Acer, klion*) et l'Orme (*Ulmus, viaz*), prestigieux mais peu adaptés, sont abandonnés, tandis que la priorité est donnée aux essences qui forment le sous-bois classique des pinèdes, comme le Peuplier baumier (Černyh et Zolotov, 2009, résumant les travaux de Ya.N. Išutin).

Outre une meilleure prise en compte de la topographie, différentes techniques de labour ont été aussi essayées, à partir des années 1940. Un chef de culture (*polévod*) de la région de Kourgan, Těrenti Sěmoïnovitch Maltsev, avait en effet mis au point la *bezotvalnaïa pakhota*, le « labour sans versement ». A l'instar de l'Américain Edward Hubert Faulkner, qui avait publié en 1943 la *Folie du laboureur (Ploman's folly)* et avec lequel il entretenait une correspondance, l'agriculteur sibérien réfutait le labour avec une charrue à versoir, qui cause une érosion maximale. Sillonnant, évidemment, les campagnes du sud de la Russie, il exposait dans les sovkhoses sa méthode « sans versement » et devint ensuite académicien. Pour mettre en adéquation l'idée et la pratique, le « tracteur à navette » (Armand, 1956, p. 227) avait été inventé à cet effet<sup>60</sup>. La *bezotvalnaïa pakhota* était accompagnée de la conservation des chaumes et préfigura le retour voulu à l'agriculture sans labour. Soviétiques et Américains, qui avaient été trop loin dans les défrichements et la mécanisation, ont finalement aussi vu naître les précurseurs de la Technique Sans Labour (TSL) présentée un demi-siècle plus tard dans le monde comme une grande nouveauté. En Russie, elle donnait lieu à une utilisation dans les sovkhoses modernes, mais n'avait jamais vraiment pénétré la plupart des kolkhoses. Certains milieux agricoles russes étaient cependant partisans depuis longtemps du *rykhlénié*, c'est-à-dire de l'ameublissement sans véritable labour, au moyen de divers engins à lames. Depuis la chute de l'URSS, la Technique Sans Labour et le semis direct sont utilisés chez les nouveaux fermiers qui se piquent d'être à la pointe du progrès et du développement durable, en employant de préférence le

<sup>57</sup> « Les bandes forestières brise-vent ne doivent en aucun cas être disposées à une grande distance les unes des autres. Avec les distances entre les bandes principales supérieures à 600 m dans les steppes boisées, et supérieures à 160-200 m dans les steppes arides [...], une partie de la surface des champs reste sans protection » (Armand, 1956, p. 300).

<sup>58</sup> Il faisait suite à des expériences concluantes menées dans une trentaine d'exploitations d'essai dans les années 1930, à commencer par la région de Voronej.

<sup>59</sup> *Programma déïstvii dlia borby s opoustynivaniem*.

<sup>60</sup> « En URSS il existe un tracteur à navette ; ce tracteur travaille en marche arrière et en marche avant ; par devant et par derrière il porte des charrues suspendues qui versent successivement à droite et à gauche [...]. Il [...] ne laisse pas de sillons de séparation » (Armand, 1956, p. 297).

terme anglo-saxon de *No-Till Technology*. La deuxième conférence internationale de *No-Till Technology* s'est d'ailleurs tenue en Ukraine en 2005. Mais ce changement gagne aussi largement des exploitations collectives ou individuelles en difficulté, qui voient dans le semis direct un moyen de faire des économies et de ne pas renouveler leurs machines vieillissantes. Au total, la TSL conquiert chaque année un grand nombre d'hectares en Russie et le monde agricole français cite parfois ce pays en exemple (Vaquier, 2006).

Mais l'originalité russe<sup>61</sup> des mesures agro-techniques tient surtout à la mise au point et au perfectionnement du *snégozaderjanié*, cet ensemble de techniques agricoles destinées à utiliser au mieux la couverture nivale, d'abord en la retenant le plus possible sur le champ, ensuite en l'égalisant, parfois de manière pondérée sur certaines parcelles, de sorte que la protection directe, puis indirecte, par imbibition du sol, soit la plus efficace (Subbotin et Haustov, 2006). Pour ce faire, certains moyens sont anciens, comme les barrières à neige, d'autres ont été mis au point avec la mécanisation du XX<sup>e</sup> siècle, comme les charrues à refoulement de la neige.

Les résultats des mesures agro-techniques ont été mitigés<sup>62</sup>. Les Russes ont évité que des régions entières ne se transformassent en déserts anthropiques<sup>63</sup>, d'où se feraient des départs massifs et presque irréversibles d'énormes tonnages de particules, bien qu'une partie de la Kalmoukie puisse entrer dans la définition de la *tekhnoGUennaïa poustynia* (Jaščenko, 2009). La Russie a cependant dû abandonner certaines surfaces initialement labourées, qui se sont orientées vers des pâturages<sup>64</sup>. Le sud de la Sibérie occidentale n'est en effet pas seulement devenu à partir des années 1970 une région d'élevage hors sol importante ; il a aussi hérité d'une conversion aux herbages après la tentative partiellement avortée de labour de la steppe<sup>65</sup>. La remise au goût du jour récente de méthodes désormais placées sous le chapeau d'*oustoïtchivoïé razvitié*, le développement durable (Zolotokrylin, 2009), permet de penser à une préservation des surfaces existantes, sans reconquête aucune de nouvelles terres sèches.

### 3.2.2. La fixation des sables et les plantations dans le désert russe

Dans le cas de particules grossières, le transport s'effectue sur de courtes distances et l'aire de départ des sables se confond avec l'aire d'accumulation, si bien que le problème reste proprement désertique, sans déborder sur la zone de steppe. Il existe dans le désert russe, à l'état naturel, des dunes de sable qui se meuvent. Mais le surpâturage a depuis longtemps augmenté le phénomène, tandis que des mesures de lutte contre l'avancée des sables voyaient progressivement le jour.

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la steppe semi-aride et les pâturages temporaires du nord-ouest de la Caspienne étaient parcourus par des éleveurs encore largement nomades. Les migrations en latitude étaient assez nettes. En hiver, les troupeaux paissaient au sud-sud-est, au plus bas de la Plaine Caspienne, en été ils remontaient vers le nord-nord-ouest pour atteindre le 48<sup>e</sup> parallèle. Le déplacement était logique, mais la capacité des ressources herbeuses avait déjà été dépassée. Faisant le bilan de la situation dans les années 1920, L.S. Berg (1941, p. 134) écrivait : « les sables sont très répandus dans le pays d'Astrakhan situé au-delà de la Volga. Une grande partie de ces sables sont

---

<sup>61</sup> « Une considération particulière est accordée à l'élaboration de différentes méthodes de retenue de neige sur les champs cultivés, ainsi qu'aux méthodes destinées à activer ou ralentir la fonte de neiges » (Guérassimov, 1956, p. 391).

<sup>62</sup> « Réintroduction d'espèces ligneuses, sous la forme de haies [...]. Cette méthode a été pratiquée avec succès, dans les plaines sèches d'Amérique et d'URSS » (Duchaufour, 1991, p. 261).

<sup>63</sup> Selon l'heureuse traduction de *dust-bowl* par J.-P. Michel et R.W. Fairbridge (1992) *Dictionary of Earth Sciences. Dictionnaire des Sciences de la Terre*. Chichester, J. Wiley & Sons, Paris, Masson, 302 p. En russe, le désert anthropique est *tekhnoGUennaïa poustynia*.

<sup>64</sup> « Dans l'ex-Union Soviétique, [...] l'adoption de mesures de protection des sols (plantation de haies brise-vent, accroissement de la durée des jachères, maintien d'une couverture de débris végétaux en surface après la récolte...) a certes permis d'éviter la formation de *dust-bowls*, mais les superficies labourées [...] sont retournées à leur destination naturelle en étant reconverties en pâturages » (Lageat, 2005, p. 166).

<sup>65</sup> Deux ans après le début de la *tsélina*, F.N. Milkov (1956, p. 398) écrivait déjà : « au cours de la mise en valeur des terres vierges, le manque d'eaux douces superficielles et souterraines a été constaté ».

aujourd'hui devenus mouvants, par suite de la négligence des nomades qui y ont fait paître leurs troupeaux d'une façon irrationnelle ».

La collectivisation de l'agriculture s'accompagna dans cette région de la volonté de ne plus utiliser le milieu semi-aride seul, mais de l'associer à la zone steppique et, surtout, à la montagne caucasienne. Un système coordonné concentra en hiver les ovins dans la région des Tchiornyé Zemli et celle de Kizliar, entre les 45° et 46° parallèles (Rakitnikov, 1956). En été, les troupeaux repartaient se disperser dans plusieurs régions du Caucase pour certains, dans la steppe de Stavropol pour d'autres, dans celle des Erguéni pour d'autres encore, où se trouvaient le centre permanent des exploitations collectives concernées. Un certain équilibre put être trouvé en ne faisant faire le déplacement qu'à une partie du bétail<sup>66</sup>. Mais la volonté de produire aussi des fourrages sur place pour l'ensemble de l'année conduisit ensuite à développer l'irrigation de près de fauche, qui entrèrent en concurrence avec les cultures irriguées. La pression sur le milieu ne diminuait pas.

Dans ce contexte, la lutte contre l'avancée des sables s'imposait et les travaux de M.V. Petrov dès les années 1940 furent pionniers en la matière. Depuis plusieurs décennies, ce sont maintenant les chercheurs de la Faculté de Pédologie de l'Université d'Etat de Moscou qui font avancer les connaissances sur les *podvijnyé peski*, les sables vifs et mobiles du désert caspien, et proposent des solutions pratiques pour lutter contre leur progression. Les moyens mécaniques servant plutôt à parer au plus pressé, ce sont les méthodes biogéographiques qui sont privilégiées sur le long terme. *Zakreplénié* est bien entendu le maître mot, puisque de la fixation des sables vifs découlent ensuite toutes les autres améliorations possibles. L'enherbement par diverses espèces adaptées est souvent une première étape, qui conduit ensuite au boisement. Le Chiendent de Sibérie (*Agropyrum sibiricum*, *jitniak sibirski*) est aujourd'hui l'herbe la plus fréquemment utilisée en Kalmykie à cet égard et la Kochie (*Kochia*, *proutniak*) le buisson le plus souvent préféré pour son effet sur les sols (Gol'eva, 2009). Cependant, le boisement (*oblessénié*) peut parfois se faire directement, si le régime hydrique des sols le permet. La réussite durable passe en général par la transformation pédologique des sables en sols sableux (Gael' et Smirnova, 1999), qui correspond à une bonification végétale des sables (*fitomélioratsia peskov*).

### 3.3. Les aires protégées du désert russe : un ensemble d'initiatives récentes

Le désert russe, considéré jusqu'à il y a peu comme une menace ou un élément à conquérir, n'a, pendant longtemps, pas bénéficié de mesures de protection comme les autres zones biogéographiques. Les aires protégées récentes ne sont d'ailleurs pas toutes désertiques à proprement parler, puisque l'écosystème d'oasis a donné à certains territoires la valeur que l'on se charge maintenant de préserver.

La réserve naturelle des Terres Noires (*zapovednik Tchiornyé Zemli*) est la seule aire protégée de la Fédération de Russie qui soit entièrement désertique et préservée de ce fait, sans intervention d'un milieu littoral ou oasien. Fondée en 1990 dans la république de Kalmoukie, elle s'étend sur 121 900 hectares et est traversée par le 46° parallèle. L'Armoise blanche forme l'essentiel des peuplements. Sur les sols salés, l'Armoise noire et le Pyrèthre, le *romachnik* des Russes, prennent de l'importance. Les sables et les dunes abritent quelques psammophytes vraies, ainsi que des xérophytes à racine pivotante, en particulier l'épine du chameau (*Alhagi pseudalhagi*, *verblioujia kolioutchka*). La végétation de la réserve naturelle s'enrichit à proximité du lac Manytch-Goudilo, où la steppe à *Stipa lessingiana* devient plus fournie et où on trouve la Tulipe sauvage. L'écosystème lacustre permet aussi le développement d'une faune, en particulier aviaire (Jaščenko, 2009), plus riche, qui est à l'origine de sa reconnaissance par l'UNESCO de réserve de biosphère depuis 1993.

---

<sup>66</sup> « En n'exploitant les terres de la basse plaine Caspienne pour l'entretien saisonnier du bétail on peut varier suivant les années l'effectif du cheptel qui passe l'hiver sur les pâturages saisonniers, par rapport à celui qui reste sur les terrains de base des kolkhozes, situés dans d'autres régions. Vu la différence très marquée de l'abondance du fourrage produit dans les années différentes, ce qui est typique pour les régions semi-désertiques, une telle possibilité est d'une certaine importance » (Rakitnikov, 1956, p. 306).

Plus méridionale, la réserve naturelle du Daghestan (*Daghestanski zapovednik*) a été créée en 1987 aux confins de la Steppe de Nogaï et de la mer Caspienne. Une part importante des 19 000 hectares consiste en écosystèmes littoraux du golfe de Kiziliar. Les prairies poussant sur les *solontchaki* côtiers et les marais littoraux forment des milieux originaux. A l'intérieur des terres, des psammophytes fixent certains terrains sableux. D'autres dunes sont mobiles et l'évolution de la grande barkhane Sarykoum a été l'une des causes du classement en *zapovednik*.

Très différent des deux réserves, tant par son statut que par le milieu protégé, se trouve être le parc naturel du lit d'inondation de la Volga et de l'Akhtouba (*prirodny park « Volgo-Akhtoubinskaïa poïma »*). Créé en l'an 2000 par l'oblast de Volgograd, il a un statut équivalent à un PNR français. Il couvre 153 855 hectares de l'oasis située entre le tronc principal de la Volga et l'un de ses bras, l'Akhtouba. Son rôle essentiel est de protéger les chênaies de la Volga, ainsi qu'une partie des prairies alluviales (*poïmennyye louga*), tout en développant le tourisme respectueux de l'environnement. Un effort particulier est réalisé quant à la préservation des plantes médicinales, par exemple la valériane officinale (*Valeriana officinalis, valériana lékarstvennaïa*), l'Aubépine ambiguë (*Crataegus ambigua, boïarychnik somnitelny*), le Groseillier doré (*Ribes aureum, smorodina zolotistaïa*), le Muguet de mai (*Convallaria majalis, landych maïski*), le Mûrier noir (*Morus nigra, chelkovitsa tchiornaïa*).

## Conclusion

Au sud-est de la Russie d'Europe, la plaine caspienne et ses bordures présentent un milieu subissant les fortes contraintes de l'aridité. C'est d'abord un semi-désert, où une maigre steppe laisse des plaques nues de sol châtain clair. A l'approche du plus grand lac du monde, le paysage devient un désert vrai, où quelques armoises et autres plantes xérophiles se contentent d'un sol brun steppodésertique, avec un niveau carbonaté induré, entrecoupé de formations salées. Ce sont deux cent mille kilomètres carrés du territoire russe qui souffrent ainsi d'un manque d'eau crucial, et cinq fois plus si l'on compte les steppes sèches. Face à la pénurie d'eau, les plantes développent des adaptations qui doivent aussi tenir compte de la contrainte du froid hivernal, puisque l'originalité russe est celle d'un désert très septentrional. Les xérophytes sont donc aussi des cryophytes. Le nombre d'espèces résistant au cumul des deux contraintes est réduit, bien que la longue saison froide n'ait pas que des inconvénients, limitant les pertes par évaporation à l'échelle de l'année et favorisant les plantes à enracinement profond. Quoi qu'il en soit, pour l'ensemble des plantes et des animaux, le printemps est la bonne saison, celle de l'épanouissement des feuilles des xérophytes à dimorphisme foliaire, celle de la mise en réserve de l'eau par les succulentes et du développement des plantes éphémères qui fournissent quelques pâturages temporaires en Kalmykie, celle de l'activité optimale des animaux.

Comme dans tous les milieux extrêmes, les conditions pédologiques locales prennent une grande importance relative. Bien que d'autres causes, topographiques, d'exposition, de régime hydrologique, comptent aussi, le facteur édaphique est le premier expliquant la mosaïque des habitats du désert russe. Ce sont les sols salins et alcalins qui forment la perturbation de la disposition zonale la plus fréquente. Ils restent à nu ou sont colonisés en partie par des plantes spécialisées, halophytes et gypsophytes. Les types de sols halomorphes sont liés entre eux, dans le temps et l'espace. Les *solontchaki* passent à des sols à alcalis, des *solontsy* et des *solodi* par l'augmentation du lessivage et la différenciation des horizons. Les sables forment un autre milieu pédologique local, où croissent quelques plantes fixatrices, les psammophytes. Toute la partie orientale de l'oblast d'Astrakhan est couverte de ces paysages dunaires, ainsi que l'est de la Kalmykie et le nord-ouest du Daghestan. Vu la latitude élevée du désert russe, qui réduit l'évaporation, les sables, où l'eau s'infiltrerait rapidement, possèdent quelques réserves d'eau profondes, utilisables surtout dans les dépressions. Mais la plus grande chance du désert russe caspien est d'être de part en part traversé par un grand fleuve bordé d'une oasis, la Volga. Des chênaies et des prairies alluviales s'y développent de façon naturelle.

En dehors du ruban oasisien, le milieu aride forme, avec celui de la toundra, la partie du territoire russe où les conditions naturelles sont les plus rudes pour l'occupation humaine. Ces contraintes ont d'abord rendu difficile et partielle la mise en valeur du désert russe, puis, en retour, ce milieu fragile a rapidement montré des signes de dégradation environnementale. Aux campagnes de bonification des sols halomorphes et au développement de l'irrigation a succédé la salinisation de

terres nouvelles, dépassant le milieu désertique pour gagner la zone de steppe, tant en Transvolgie que dans l'oblast de Stavropol. Les tempêtes de poussière, augmentées par la mise en culture, remontent loin en latitude. Elles ont pris une grande ampleur en Sibérie occidentale depuis les années 1950 et la campagne des Terres Vierges. La lutte systématique contre la déflation et l'avancée des sables a baissé par rapport à la période soviétique classique. Mais la superficie des aires protégées a au contraire fortement augmenté à l'ère gorbatchevienne et depuis l'indépendance de la Fédération de Russie, y compris par des initiatives locales. Le parc naturel régional du lit d'inondation de la Volga et de l'Akhtouba essaie depuis peu de promouvoir un développement durable de l'oasis la plus riche du désert caspien.

## Bibliographie commentée sur le domaine semi-désertique russe

Remarque : la revue *Aridnye èkosistemy* (ISSN 1993-3916), qui paraît quatre fois par an depuis 1995, est une revue du Daghestan qui publie sur les écosystèmes arides et semi-arides de la Russie et l'Asie centrale.

- Armand D.L., 1956, « Les traits particuliers de l'utilisation agricole des terres érodées des zones de steppes et de steppes boisées en URSS » in Davitaïa *et al.* : 293-302. Une étude de la zone steppique qui prend en compte de multiples problèmes semi-arides.
- Babaev A.G., 1996, *Problemy osvoeniya aridnyh zemel'*. Moskva, izd. MGU, 282 p.
- Babaev A.G., Drozdov N.N., Zonn I.S. et Frejkin Z.G., 1986, *Pustyni*. Moskva, Mysl', serija „Priroda mira“, 310 p.
- Baldina E.A., De Leeuw J., Gorbunov A.K., Labutina I.A., Zhivogliad A.F., Kooistra J.F., 1999, « Vegetation change in the Astrakhanskiy Biosphere Reserve (Lower Volga Delta, Russia) in relation to Caspian Sea level fluctuation » *Environmental Conservation*, 26(3) : 169-178. Une revue de Cambridge Univ. Press. L'essentiel de l'article est consacré à la résistance et l'inertie de la végétation face à la remontée marine. Les plantes flottantes sont favorisées. Parle aussi de l'Olivier de Bohême.
- Baranov A.F. et Kozitsyn V.N., 2003, « Productivity and stocks of fruits of *Elaeagnus angustifolia* L. in basin of the Lower Volga » *Rastitel'nye resursy*, 39(4) : 54-60. Non consulté.
- Coque R., 1977, « Les domaines arides » in *Géomorphologie*. Paris, A. Colin, coll. « U », 430 p. : 193-213. Pour les liens entre sols salés et formes de modelé.
- Černyh, 2009, « Mery po bor'be s opustynivaniem na juge Zapadnoj Sibiri » in Kotljakov V.M., Otv. Red., *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. : 269-271.
- Davitaïa F.F., Guérassimov I.P., Kalesnik S.V., Salichtchev K.A. et Vassiouline V.F., Réd., 1956, *Essais de géographie. Recueil des articles pour le XVIII<sup>e</sup> Congrès international géographique*. Moscou, Léninegrad, Editions de l'Académie des Sciences de l'URSS, 412 p. Un gros effort était porté dans ce recueil au milieu aride soviétique. Nous en citons ici les principaux articles encore utiles.
- Demangeot J., 1981, *Les milieux naturels désertiques*. Paris, Sedes, 261 p.
- Drozdov N.N., 1976, « The system of the convergent adaptations in the communities of the aride regions » in Voronov A.G., Isakov Yu.A. et Spasskaya I.I., Ed., *Biogeography and soil geography – Biogéographie et géographie du sol – Biogeografija i geografija počv*. Moskva, XXIII International Geographical Congress – XXIII Congrès International de Géographie – Meždunarodnyj geografičeskij kongress – USSR – URSS – SSSR, Section 4, 195 p. : 13-16.
- Egorov V.V., 1964, « Osobennosti irrigacionogo osvoeniya zemel' Prikaspijskom Povolž'e » *Gidrotehnika i melioracija*, 3 : 9-18.
- Fet V. et Atamuradov K.I., Ed, 1994, *Biogeography and ecology of Turkmenistan*. Dordrecht, Kluwer, 616 p.
- Formozov A.N., 1956, « Les formes biologiques des animaux des régions arides et semi-arides de l'Asie moyenne et centrale » in Davitaïa *et al.* : 248-259.
- Gael' A.G. et Smirnova L.F., 1999, *Peski i pesčanyé počvy*. Moskva, Geos, 252 p.
- Glazovskij N.F., Orlovskij N.S., 1996, « Problemy opustynivaniya i zasuh v SNG i puti ih rešenija » *Izvestija Rossiskoj Akademii Nauk*, “Serija geografičeskaja”, 4 : 7-23.
- Gol'eva A.A., 2009, « Degradacija počv i opustyvanie v Kalmyki » & « Protivodejstvie opustynivaniju v Kalmyki » in Kotljakov V.M., Otv. Red., *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. : 132-135 & 271-273.
- Golub V.B. et Mirkin B.M., 1986, « Grasslands of the lower Volga Valley » *Folia Geobotanica*, 21(4) : 337-395. Pour l'étude de la végétation de l'oasis naturelle de la Volga à travers le désert caspien.
- Guérassimov I.P., 1956, « Régions arides et semi-arides de l'URSS et leurs analogues géographiques » in Davitaïa *et al.* : 383-393.

- Hitrov N.B., Ruhovič D.I., Kalinina N.V., Novikova A.F., Pankova E.I., Černousenko G.I., 2009, « Ocenka plošadej zasolennyh počv na territorii Evropejskoj časti Rossi (po elektronoj versii karty zasolenija počv masštaba 1 : 2,5 Mln.) » *Počvovedenie*, 6 : 627-637.
- Hubschman J., 1990, « Alcalin (sol) », « Solod (ou soloth) », « Solonetz », « Solontchak » in George P., Dir., *Dictionnaire de la géographie*. Paris, PUF, 4<sup>e</sup> éd., 512 p. : 10, 443.
- Jaščenko V., 2009, « V Černozemel'skom rajone Kalmykii ne hvataet presnoj vody » *Kavkazskij Uzel*, 22-04, non paginé, <http://astrakhan.kavkaz-uzel.ru/articles/153249>
- Kachkarov D.N. et Korovine E.P., 1942, *La vie dans les déserts*. Traduction de Monod Th., Paris, Payot, 361 p. Ouvrage fondateur de la biogéographie aride, dont l'objet principal est formé par les déserts d'Asie Centrale et qui possède une part importante de zoogéographie.
- Kostin B.I., Efimov G.S., Grebenjukov P.G., Platonova T.K., 1981, « Inženerno-meliorativnoe rajonirovanie Saratovskogo Zavolž'ja » *Gidrotehnika i melioracija*, 6 : 23-26.
- Kotljakov V.M., Otv. Red., 2009, *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. L'ouvrage collectif fondamental le plus récent, qui traite de la totalité de la question. Les chapitres sur la végétation et le sol sont écrits par O.V. Morozova et I.V. Kovda. Plusieurs chapitres régionaux abordent les techniques de lutte contre la désertification, en particulier ceux écrits par A.A. Gol'eva.
- Kovda I.V., 2009, « Osobennosti počvennogo pokrova », « O nekotoryh regional'nyh projavlenijah opustynivaniya v počvah » & « Ekosistemnye resursy i uslugi počv » in Kotljakov V.M., Otv. Red., *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. : 110-113, 130-132 & 206-207.
- Kovda V.A., 1983, « Loss of productive land due to salinization » *Ambio*, 12 : 91-93.
- Kust G.S., Glazovskij N.F., Andreeva O.V. et al., 2002, « Osnovnye rezul'taty po ocenke I kartografirovaniju opustynivaniya v Rossijskoj Federacii » *Aridnye ekosistemy*, 8(16) : 7-27.
- Létolle R. et Mainguet M., 1993, *Aral*. Paris, Springer, 358 p.
- Lioubimtseva E., 2002, « Arid Environments » in Shahgedanova M., Ed, *The physical geography of Northern Eurasia*. Oxford University Press, 571 p. : 267-283.
- Mainguet M., 1995, *L'homme et la sécheresse*. Paris, Masson, 336 p.
- Marchand P., 1986, « La Volga aménagée, essai de régionalisation sur des bases économiques et écologiques » *Revue Géographique de l'Est*, 1-2 : 57-70. Pour l'étude de l'échec de l'irrigation dans les steppes transvolgiennes.
- Marchand P., 1990, « La mise en cause de l'irrigation transvolgienne » in *La Volga, aménagement et environnement*. Dijon, thèse de doctorat d'Etat en géographie, 1095 p. : 494-508. Pour l'étude de l'alcanisation des sols et des remontées de la nappe.
- Marchand P., 1991, « Une catastrophe d'origine administrative : l'aménagement de la Volga par l'administration » *Revue de Géographie de Lyon*, 3-4 : 231-237.
- Ministry of natural resources of Russian Federation, 2006, *National Report of the Russian Federation on implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification*. Moscow, english summary, 9 p.
- Morozova O.V., 2009, « Osobennosti rastitel'nogo pokrova », « Nekotorye sukcesionnye processy rastitel'nosti » & « Ekosistemnye resursy i uslugi rastitel'nosti » in Kotljakov V.M., Otv. Red., *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. : 109-110, 135-137 & 203-206.
- Myalo E.G. et Goryainova I.N., 1976, « Vegetational cover dynamics on sites with some natural processes » in Voronov A.G., Isakov Yu.A. et Spasskaya I.I., Ed., *Biogeography and soil geography – Biogéographie et géographie du sol – Biogeografija i geografija počv*. Moskva, XXIII International Geographical Congress – XXIII Congrès International de Géographie – Meždunarodnyj geografičeskij kongress – USSR – URSS – SSSR, Section 4, 195 p. : 23-26. Une petite étude biogéographique du semi-désert du nord de la Caspienne.
- Nikol'skaja N.I., 1985, « Zakonomernost' v raspredelenii rastitel'nosti solončakov na territorii stepnoj i pustynnoj oblasti v predelah SSSR » *Botaničeskij žurnal*, 70(3) : 332-340.
- Novikova A.F., Gabčenko M.V., Bepalov V.P., « Izmenenie zasolenija počv soloncovyh kompleksov Ergenej v rezul'tate dlitel'nogo antropogennogo vozdejstvija (issledovanija počv Aršan'-Zel'menskogo stacionara RAN) » 2009, *Počvovedenie*, 4 : 391-402.
- Paramonov E.G., Išutin Ja.N., Simonenko A.P., 2003, *Kulundinskaja step' : problema opustynivaniya*. Barnaul, izd. Altajskogo universiteta, 137 p.
- Petrov M.V., 1950, *Podvižnyé peski i bor'ba s nimi*. Moskva. Non consulté.
- Petrov M., 1962, « Les types de déserts de l'Asie centrale » *Annales de Géographie*, 71(384) : 131-155.
- Petrov M.P., 1973, *Pustyni zemnogo šara*. Leningrad, Nauka, 435 p.

- Petrov M., 1976, *Deserts of the World*. Chichester, J. Wiley, 447 p. Traduction anglaise de son célèbre ouvrage russe de 1973.
- Petrov V.I., 2005, « Adaptivnoe lesnogradnoe prirodopol'zovanie kak sredstvo bor'by s opustynivaniem » *Melioracijskaja i vodnoe hozjajstvo*, 1 : 20-22.
- Rakitnikov A.N., 1956, « Utilisation agricole et pastorale des terres dans le semi-désert, exemple de la région précaspicienne de l'URSS » in Davitaïa *et al.* : 303-311.
- Rodine L.E., 1956, « Végétation de régions arides et semi-arides de l'URSS et son utilisation » in Davitaïa *et al.* : 214-225.
- Safronova, I., 2006, « On the problems of the nature conservation in the desert zone in Russia » in Gafta D. et Akeyod J., Ed, *Nature conservation, concepts and practice*. Berlin, Springer : 441-443.
- Šamsutdinov N.Z., Šamsutdinov Z.Š., 2008, « Biotičeskaja melioracijskaja zasolenno-soloncovykh počv s ispol'zovaniem galofitov (obzor zarubežnogo opyta) » *Aridnye ekosistemy*, 14(35-36) : 18-33.
- Šilova S.A., Savineckaja L.E., Neronov V.V., 2009, « Dinamika čislennosti i biomassy malogo suslika (*Spermophilus pygmaeus* Pall., 1778) v pasbiščnyh ekosistemah Kalmykii za 28-mi letnij period » *Aridnye ekosistemy*, 15(2) : 28-38.
- Subbotin A.S. et Haustov V.A., 2006, *Gidrotehnika i melioracijskaja*. Rossijskij Gosudarstvennyj Gidrometeorologičeskij Universitet. Ouvrage en ligne (<http://hva.rshu.ru>) parlant surtout des ouvrages hydrauliques, mais aussi de la bonification.
- Svechnikova V.M. et Zalensky O.W., 1956, « Le régime hydrique des plantes des régions arides de l'Asie moyenne et du Kazakhstan » in Davitaïa *et al.* : 237-247.
- Tricart J. et Cailleux A., 1969, « Le milieu morphoclimatique » in *Le modelé des régions sèches*. Paris, Sedes, 472 p. : 13-175.
- Vaquier J., 2006, « Monde. Et chez nos voisins ? Le semis direct en plein boom aux USA, au Brésil, en Russie » *Le Paysan Tarnais*, 29 juin : 11.
- Vasil'ev Ju.I., Sažin A.N., Dolgilevič M.I. et Forlova L.S., 1988, « Pyl'nye buri na juge russkoj ravniny » *Izvestija Akademii nauk SSSR, serija geografičeskaja*, 3 : 95-101.
- Vinogradov B.V., 1996, « Issledovanie indikatorov pri monitoringe opustynivanija juga Rossii » *Aridnye ekosistemy*, 2(4) : 38-51.
- Vinokurov Ju.I., Krasnojarkova B.A., Pon'ko V.A., 2005, « Geografičeskije problemy opustynivanija v Sibirskih regionah » *Melioracijskaja i vodnoe hozjajstvo*, 1 : 12-13.
- West N.E., Ed, 1983, *Temperate deserts and semi-deserts*. Amsterdam, Elsevier, series "Ecosystems of the world", vol. 5, 522 p.
- Wolff A., 2009, « Pollution en Crau » *Zones Humides Infos*, 64-65 : 30. Pour comparaison avec la situation du Ganga cata en France.
- Yegorov V.V., Bazilevich N.I. et Pankova E.I., 1976, « The map of the salinity types of the USSR soils of the scale 1 : 2 500 000 » in Voronov A.G., Isakov Yu.A. et Spasskaya I.I., Ed., *Biogeography and soil geography – Biogéographie et géographie du sol – Biogeografija i geografija počv*. Moskva, XXIII International Geographical Congress – XXIII Congrès International de Géographie – Meždunarodnyj geografičeskij kongress – USSR – URSS – SSSR, Section 4, 195 p. : 192-195.
- Zolotokrylin A.N., 2009, « Sovremennaja traktora problemy v ramkah Konvencii OON po bor'be s opustynivaniem » & « Bor'ba s opustynivaniem kak čast' obščej strategii ustojčibogo razvitija » in Kotljakov V.M., Otv. Red., *Opustynivanie zasušlivyh zemel' Rossii : novye aspekty analiza, resul'taty, problemy*. Moskva, KMK, RAN, Institut Geografii, 298 p. : 9-14 & 263-266.
- Zolotokrylin A.N., Čerenkova E.A., 2009, « Ploščad' zasušlivyh zemel' ravnin Rossii » *Aridnye ekosistemy*, 15(1) : 5-12.