

# Constantes et contraintes climatiques dans les grandes oasis du piémont du Cujo (Argentine)

Paul-Yves Denis

Volume 12, Number 25, 1968

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/020790ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/020790ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Département de géographie de l'Université Laval

ISSN

0007-9766 (print)

1708-8968 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Denis, P.-Y. (1968). Constantes et contraintes climatiques dans les grandes oasis du piémont du Cujo (Argentine). *Cahiers de géographie du Québec*, 12(25), 103–121. <https://doi.org/10.7202/020790ar>

Article abstract

Between the dry margins of the Pampa and the Andes lies a semi-arid region, the former Chilean province of Cuyo, now contained within the Argentine provinces of Mendoza, San Juan and San Luis. In the foothills area of this region, snowmelt waters from high mountain basins are used to irrigate almost 400,000 hectares of land, which are presently in vineyards, orchards and market gardening. These areas of intensive agriculture are mainly concentrated in three distinct oasis areas scattered over a north-south distance of about 300 miles.

Local climatic conditions are stressed in this article because of their importance for agriculture. The first two sections of the article deal with the principal elements of the regional climate, while the last two sections touch upon climatic limitations affecting each of the oases. After a brief introduction to the main components of the arid environment, the author deals with atmospheric circulation and the distribution of rainfall in this sector of Argentina. From precise data, he then determines the water balance and evapotranspiration indices which allow him to determine the varying levels of aridity in the foothills of the Cuyo.

An important climatic limitation are the early and late frosts which result from the intrusion of cold air masses or which are produced by temperature inversions ; these frosts endanger agricultural production year after year, especially in the most southerly of the three oases, that of San Rafaël. The frost hazard is not so great at Mendoza, and even less at San Juan. Against this perennial threat no protective System has yet proved effective.

Far more spectacular are the unpredictable hailstorms which cause serious damage to crops during certain years. Installation of flexible wire grillwork in some areas has reduced damages appreciably, but high costs of installation have inhibited widespread use of this technique. A Provincial Crop Insurance scheme exists, but it fails to protect the farmer adequately.

# CONSTANTES ET CONTRAINTES CLIMATIQUES DANS LES GRANDES OASIS DU PIÉMONT DU CUYO (ARGENTINE)

par

**Paul-Yves DENIS**

*Institut de géographie, université Laval.*

Dès qu'il est question de l'Argentine, on pense aussitôt à cette image stéréotypée d'immenses plaines céréalières, de pâturages extensifs et d'innombrables troupeaux d'ovins et de bovins. Si les conditions climatiques qui confèrent à la pampa (surtout humide) un statut particulier sont assez bien connues, on ne saurait en dire autant des marges qui la prolongent vers le sud, l'ouest et le nord. Au-delà de cette Argentine de contact, déjà moins bien définie et dont les traits ne sont en général qu'à peine esquissés, nous débouchons sur une Argentine dite périphérique, qu'on peut découper en quatre grandes zones: au sud et au sud-ouest, la Patagonie; au nord-est, les fronts pionniers du Haut-Parana; au nord-ouest, un étroit piémont subtropical blotti au pied d'un massif andin déjà très morcelé; à l'ouest enfin, les oasis sub-andines.

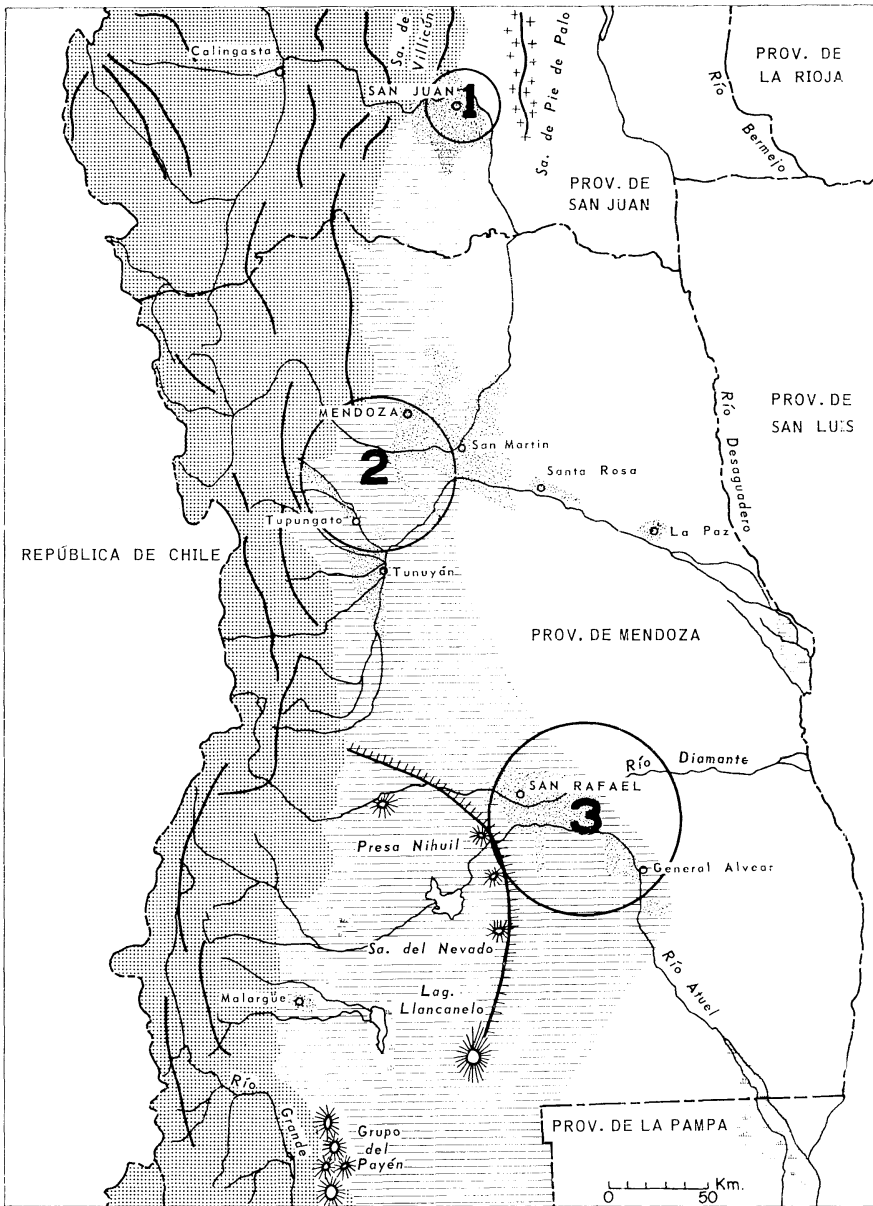
C'est au sud du Tucumán, vieille fondation espagnole (plaine sèche et piémont bien arrosé) que l'Argentine occidentale commence à se vider. Les quelques installations humaines qui y subsistent, petites exploitations minières accrochées au rebord puissamment disséqué de la Puna, *oasis confetti*<sup>1</sup> des provinces de Catamarca et de La Rioja, plantées de vignobles, de vergers et de palmiers, restent encore reliées de façon précaire à Córdoba et à l'Argentine active. Plus bas, dans la partie nord de la province de San Juan, nous entrons au cœur de l'Argentine sèche dont la moyenne annuelle des précipitations est inférieure à 100 mm. Dans ce milieu répulsif essentiellement minéral, quelques minces filets d'eau (*arroyos secos*) s'alimentent de façon intermittente à une montagne moins haute, mais surtout moins exposée, pour se perdre enfin dans d'énormes cônes de déjection. Plus au sud encore, là où le dôme granitique de la Sierra de Pie de Palo est ennoyé dans d'épaisses couches alluviales, apparaît l'oasis de San Juan, la plus subtropicale des grandes oasis du piémont du Cuyo.

L'expression *Cuyo* désignait à l'origine les provinces de San Juan, Mendoza et San Luis, rassemblées alors sous la tutelle de la capitainerie générale de Santiago du Chili. Il convient de la dépouiller aujourd'hui de son contenu historique car, géographiquement, la province de San Luis se rattache davantage au domaine semi-aride (avec nuances) de la pampa qu'au milieu franchement aride du piémont andin.

<sup>1</sup> Selon une heureuse expression de P. Defontaine dans *Les oasis du Piémont argentin des Andes*, dans *Les Cahiers d'Outre-Mer*, n° 17, 1952, pp. 42-69.

# LE PIÉMONT DU CUYO

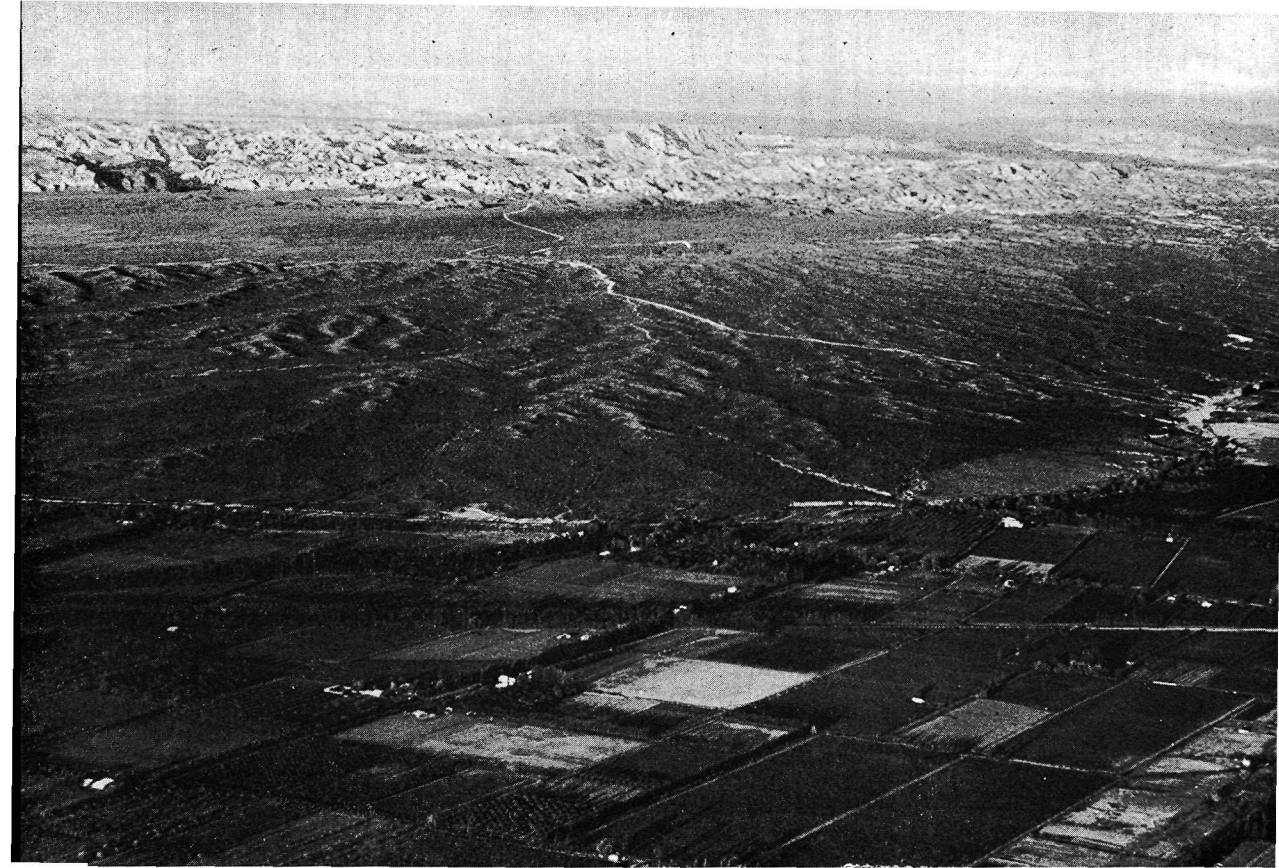
## Zones d'influence des cours d'eau et espaces utiles



### LÉGENDE

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> Cordillère et pré-cordillère</li> <li> Le piémont du Cuyo</li> <li> Principaux axes montagneux</li> <li> Bloc soulevé de San Raphaël</li> <li> Massif et cône volcanique</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> Aires irriguées</li> <li> Sierra de Pie de Palo (système pampéen)</li> <li>① Zone d'influence du Rio San Juan</li> <li>② Zone d'influence des Rios Mendoza-Tunuyan</li> <li>③ Zone d'influence des Rios Atuel-Diamante</li> <li> Marécage</li> </ul> |
|---|--|

Figure 1



**Photo 1** Trois éléments fondamentaux caractérisent le sud du piémont de Cuyo. Au premier plan, l'espace mis en valeur (playa) grâce à un système de canaux d'irrigation sur les marges sud-ouest de l'oasis de San Rafael. Au-dessus, le glacis principal, disséqué avec la route de Malargue et la région minière. Enfin, l'abrupt occidental du bloc soulevé de San Rafael (Cuesta de Los Terneros).

De la Sierra de Pie de Palo, limite nord de l'oasis de San Juan, au massif volcanique du Nevado, soit 500 km, s'étale le piémont du Cuyo. Cette frange méridienne qui regroupe les trois grandes aires irriguées (figure 1) se définit morphologiquement par la superposition de plans inclinés caillouteux (glacis) au contact d'une plaine argilo-sableuse d'origine éolienne et alluviale (photo 1). Cinq cours d'eau, nés de la fonte des glaciers de cirque de la haute Cordillère, franchissent précordillère et blocs basculés du piémont. Ils délimitent les trois aires d'influence, de grandes oasis prospères qui se partagent 400,000 hectares de vignobles, de vergers, d'oliveraies, de cultures maraîchères et de luzernières et où vit 1 million d'habitants. Entre elles s'allongent des kilomètres de territoire recouvert de plantes basses et épineuses: le monte. On donne à ces étendues le nom de *travesias* ce qui accentue le rayonnement de ces îles et archipels du désert que sont les oasis.

*Un milieu désertique : circulation atmosphérique et régime pluviométrique*

Depuis toujours, l'installation sédentaire de groupes humains en région désertique ou reconnue comme telle, suscite un intérêt spécial. Au-delà des constantes valables pour l'ensemble des oasis, une gamme très variée de nuances, tant humaines que physiques, permet de les extraire de l'anonymat et de leur conférer une identité propre. Les grandes oasis du piémont du Cuyo n'échappent pas à cette règle, et elles

présentent même des particularités assez nettes pour qu'on puisse les définir individuellement. L'oasis de San Rafael, par exemple, la dernière des grandes oasis par sa position et sa mise en valeur récente, se trouve asservie à un rythme d'alternance saisonnière qui conditionne ses activités tout comme celles de Mendoza et de San Juan qui complètent le tryptique des grandes aires valorisées. Toutefois, si les contraintes qui pèsent sur l'oasis de San Juan se posent surtout en termes d'alimentation du bassin hydrographique du *rio* San Juan, de débits en saison végétative et de redistribution selon des droits d'eau définitifs, éventuels ou de drainage, dans l'oasis de San Rafael, la crainte des catastrophes climatiques persiste tout au long de la saison productive, alors que le risque de chutes de grêle dévastatrices (*granizadas*) vient concurrencer les possibilités de gelées tardives ou précoces.

Cette région piémontaise s'étend donc entre San Juan et San Rafael, de 31°30' à 35° de latitude sud, et s'inscrit dans l'écharpe aride qui s'étire depuis la Puna bolivienne jusqu'à la Patagonie et même jusqu'au détroit de Magellan. Le piémont du Cuyo y occupe en outre une position de transition par rapport aux déplacements des masses d'air et au jeu complexe des cyclones et des anticyclones dont ils dépendent. À cause de la distance (900 km), il se trouve relativement isolé des influences atlantiques et, par la barrière andine, il est à peu près coupé des manifestations pacifiques, sauf des phénomènes qui se déroulent à haute altitude mais dont les effets ne sont que corollaires. Sauf pour le vent *zonda* (effet de fœhn), qui se manifeste par de brèves bourrasques à la fin d'un hiver généralement très sec, surtout dans la région de San Juan, ces phénomènes jouent très peu au niveau du sol. Cette situation générale favorise, il va sans dire, la stagnation des aires anticycloniques au-dessus de la région. Ce n'est qu'exceptionnellement qu'on signalera l'intrusion de masses d'air tropical dans la province de San Juan ou sur la limite nord de la province de Mendoza seulement. On pourrait même énoncer l'hypothèse suivante, que l'oasis de Mendoza se situe en un point neutre entre les grands systèmes climatiques, puisque la région de San Rafael se trouve nettement influencée par la masse d'air polaire.

L'orientation méridienne de « l'écharpe » piémontaise renforce ainsi le rôle des fronts polaires sur une trajectoire sans obstacle sérieux, donc des écarts entre les minima et maxima absolus enregistrés du sud au nord. Ainsi, les gelées tardives ou précoces, courantes dans les secteurs d'influence des *rios* Atuel-Diamante (San Rafael), sont à peu près inconnues dans ceux du *rio* San Juan. Les températures moyennes comparées (figure 2) pour chaque zone d'influence fournissent un indice intéressant car on y relève un parallélisme constant entre celles de Mendoza et celles de San Rafael, avec un décalage moyen légèrement supérieur à 1°. On remarquera également que la courbe de température moyenne de San Juan recoupe même celle de Mendoza durant les deux mois les plus froids, pour s'éloigner régulièrement par la suite, soit du mois d'août au mois de janvier, où l'écart atteindra 2.5°.

Si l'on fait abstraction de certains facteurs liés à la latitude et au déplacement des fronts, le régime pluviométrique qui caractérise cette région d'oasis

<sup>2</sup> Les principaux caractères morphogénétiques de la région sont esquissés avec beaucoup de justesse et de clarté dans l'article de G. Viers, *Le piedmont semi-aride disloqué de Mendoza (République Argentine)*, dans *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 34, 1963, pp. 89-114.

## TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES COMPARÉES (1951-60)

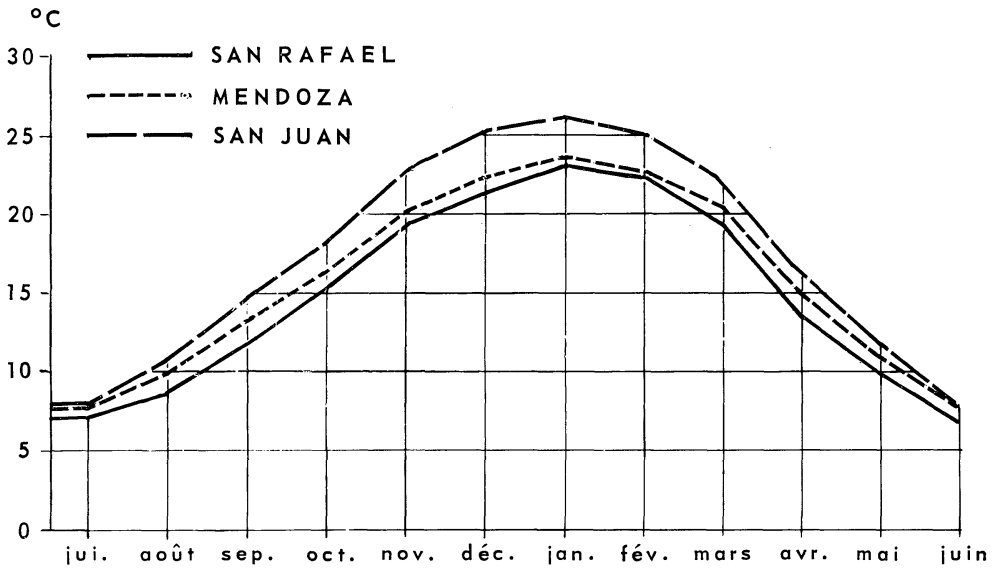


Figure 2

conserve une connotation subtropicale continentale, avec des précipitations très faibles tout au long de l'année et un maximum d'été (figure 3). Toutefois, l'indice d'ensoleillement augmente à mesure que s'accroissent les précipitations au cours de l'été.<sup>3</sup> On ne saurait non plus invoquer le relief pour expliquer les précipitations dans les oasis de piémont, car la surface occupée se situe entre 500 m et 750 m d'altitude et s'incline légèrement d'ouest en est. Pourtant ces précipitations atteignent rapidement plus de 700 mm dans la Cordillère à l'ouest de San Juan et même au-delà de 1,000 mm dans le sud de la province de Mendoza (dont 30% sous forme de neige); circonstance opportune, car la vie dans ces oasis dépend de la fonte des neiges accumulées au cours de l'hiver et des eaux que leur apportent les cours d'eau allo-gènes.

Peut-on alors suggérer que les précipitations seraient fournies par les seules masses humides d'air originaires de l'Atlantique? En partie seulement, à cause de l'évolution très régulière dans la décroissance des isohyètes et de l'origine sud-est et est, c'est-à-dire maritime, des vents dominants. On doit cependant tenir compte du rôle important que jouent les phénomènes de convection bien souvent reliés à des mouvements de fronts. Ainsi, le vent appelé *pampero* qui traverse le pays en diagonale, engendre rarement des précipitations lorsqu'il atteint les marges de la

<sup>3</sup> PROHASKA, Federico J., *Regimenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15° S hasta Antártica)*, dans *Meteoros*, II, 1-2 (Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1952), pp. 66-100.

## DISTRIBUTION COMPARÉE DES PRÉCIPITATIONS (1951-60)

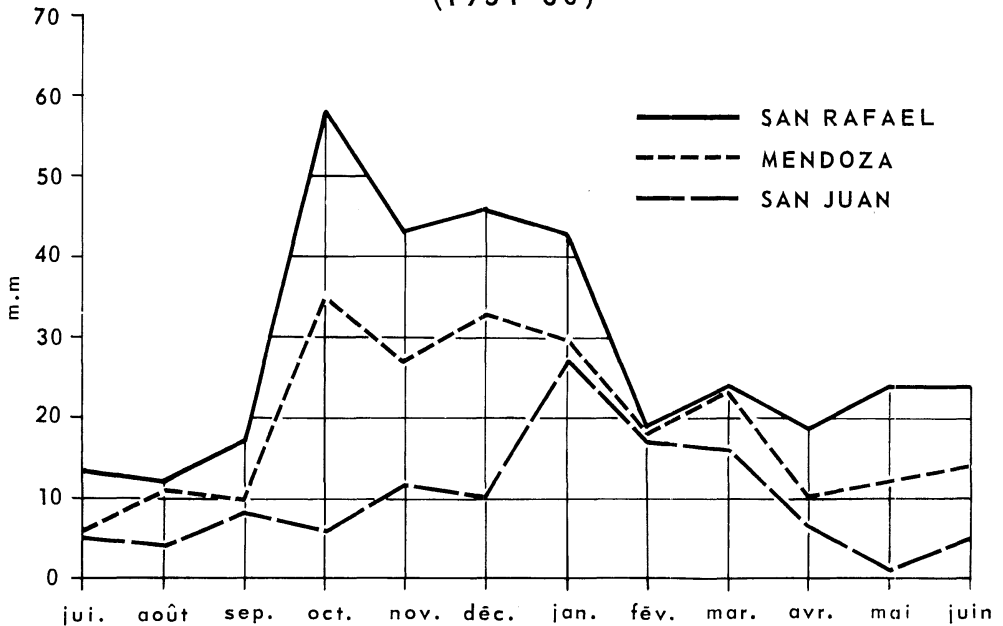


Figure 3

pampa sèche, car sa teneur en humidité a considérablement diminué. Quant aux *sudestadas* qui refoulent vers l'intérieur du pays de grandes masses d'air polaire humide, ils provoquent des pluies de relief très fines et peu abondantes.<sup>4</sup>

Le réchauffement rapide durant l'été, de ces immenses nappes d'épandage recouvertes d'une végétation ténue donne lieu à des orages de convection intimement liés à la dynamique d'une circulation ondulatoire mise en branle par la présence toute proche de la Cordillère. La plupart du temps, cette accumulation d'énergie de sources différentes s'accompagne de chutes de grêle. Par contre, dans la région de San Rafael, l'éloignement de la Cordillère (100 km) élimine cette hypothèse; il s'agirait plutôt d'une convection locale avec participation du front froid commun ou d'altitude. Bien sûr, le processus convectionnel conserve un rôle majeur dans la plupart de ces précipitations classifiées comme frontales; mais si l'on excluait le mouvement ascensionnel frontal concomitant, on peut douter que le seul phénomène de convection provoque des pluies. En fait, « l'air ascendant est souvent influencé par le caractère instable des conditions de convection, c'est-à-dire que le phénomène n'est amorcé que lorsque la masse d'air est soulevée suffisamment par l'action d'un processus corollaire frontal comme dans le cas qui nous intéresse ».<sup>5</sup>

<sup>4</sup> CAPITANELLI, Ricardo G., *Las precipitaciones en Mendoza en el bimestre octubre-noviembre de 1956*, dans *Boletín de Estudios geográficos*, vol. III, oct.-déc. 1956, n° 13.

<sup>5</sup> WOLCKEN, Kurt, *Algunos aspectos sinópticos de la lluvia en Argentina*, dans *Meteoros*, t. LV, n° 4 (Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1954), pp. 327-366.

Toujours dans l'optique de l'orientation méridienne du piémont du Cuyo, c'est à partir du pôle de sécheresse, soit le nord de la province de San Juan, que les précipitations augmentent progressivement en direction du sud. De 1908 à 1938 par exemple, la moyenne annuelle des précipitations n'est que de 83 mm pour l'oasis de San Juan contre 193 mm pour Mendoza (170 km plus au sud) et 261 mm pour San Rafael (235 km au sud de Mendoza), pour une différence de 180 mm entre San Juan et San Rafael distants l'un de l'autre de 405 km. Malgré un indice élevé d'évapotranspiration affectant l'ensemble de la région, l'écart de précipitations du nord au sud n'a qu'une incidence marginale puisqu'on y pratique une culture exclusivement irriguée. D'autre part, l'augmentation sensible au cours des deux dernières décennies (343 mm en 1951-60 pour San Rafael) a permis aux pâturages xérophiles (*monte*) du sud de la province de Mendoza, dégradés par l'épandage de cendres volcaniques consécutif à l'explosion du Descabezado en 1932, de se reconstituer avec suffisamment de vigueur pour supporter un bovin par 15 ou 20 hectares.

Le graphique montrant la distribution saisonnière des pluies (figure 3) à San Juan Mendoza et San Rafael accuse pour ces deux dernières un double maximum (octobre et janvier) et un seul (janvier) à San Juan (influence tropicale). Cette diminution des précipitations au cours du mois de novembre, intercalée entre deux maxima, n'est d'ailleurs pas exclusive à la province de Mendoza, car on note le même phénomène à Córdoba et même à Buenos Aires « sans qu'on ait pu trouver jusqu'à présent à cette intéressante anomalie aucune interprétation vraiment satisfaisante ».<sup>6</sup>

C'est en somme l'irrégularité dans la distribution et dans l'intensité qui caractérise le régime pluviométrique dans le piémont du Cuyo avec une nuance plus accusée pour San Rafael. De fortes précipitations peuvent se produire à l'improviste et des pluies d'une exceptionnelle violence ont été enregistrées au cours des mois les plus secs, ce qui souligne le caractère semi-désertique du régime. On a même signalé des précipitations atteignant 50 mm en moins de deux heures. « Des pluies de ce type, sporadiquement distribuées dans l'espace provoquent à l'occasion des coulées d'alluvions envahissantes, »<sup>7</sup> sans compter les crues soudaines et extrêmement violentes des cours d'eau permanents, comme dans les *ouadi*, qui renversent les prises d'eau précaires (*tomas*), minent les ouvrages de défense et les digues de contrôle et inondent les terres cultivées.

*Les nuances de l'aridité dans le piémont du Cuyo : évapotranspiration potentielle et bilan hydrique.*

En utilisant les statistiques disponibles pour la période 1951-60 des zones d'influence des rios Atuel-Diamante (San Rafael) et du rio Mendoza (Mendoza), il a été possible de calculer, selon la méthode empirique de Thornthwaite, les indices mensuels d'évapotranspiration potentielle et le bilan hydrique, toujours négatif sauf en juin à San Rafael où il accuse un léger excédent (figure 4 et tableau 1). Ces données nous ont permis de classer le climat de la région « mendocine » dans la catégorie aride sans excédent d'eau et celui de la région de San Rafael

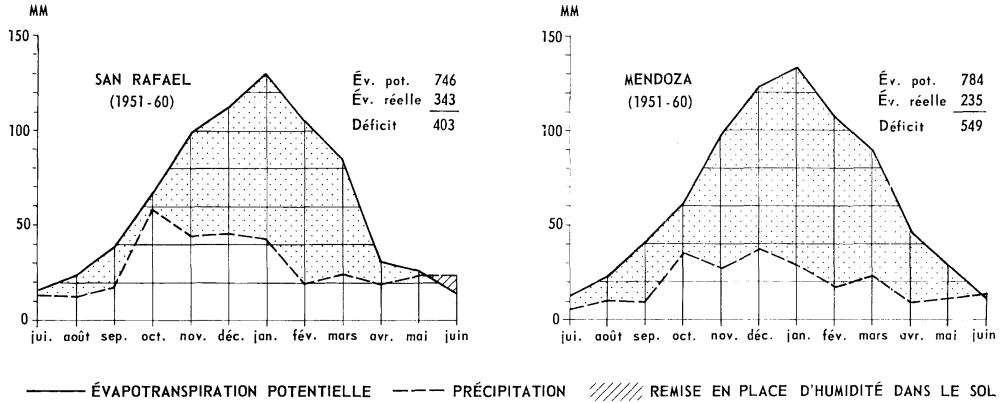
<sup>6</sup> WOLCKEN, Kurt., *idem*.

<sup>7</sup> CAPITANELLI, Ricardo, G., *op. cit.*



## BILAN HYDRIQUE COMPARÉ

(SELON LA MÉTHODE EMPIRIQUE DE THORNTHWAITE)



**Figure 4**

dans la catégorie semi-aride également sans excédent d'eau.<sup>8</sup> Compte tenu de la faiblesse des précipitations et des pourcentages élevés d'évapo-transpiration potentielle « on ne doit pas se surprendre de la faiblesse des indices d'aridité, parmi les plus bas à l'échelle internationale; ce qui permet d'inclure le piémont du Cuyo dans la catégorie aride (semi-aride dans le cas de San Rafael) surtout durant la saison hivernale en dépit du léger excédent d'eau enregistré en juin (San Rafael). »<sup>9</sup> C'est donc dire que le coefficient d'humidité ne tolérerait pas la subsistance d'un type de végétation au-delà d'un seuil polyxérophyte qui d'ailleurs, se dégrade peu à peu en passant au désertique en direction de San Juan.

Le caractère extensif de la mise en valeur des espaces irrigués dans les oasis les soustrait à l'apport corollaire des précipitations. Quelle qu'en soit l'importance certaines années (734 mm en 1921 à San Rafael; 390 mm en 1922 à Mendoza), cette contribution naturelle ne favorise que de façon intermittente des activités à caractère extensif très marginales, dans le cadre de l'économie des grandes oasis du Cuyo. Cette situation explique d'ailleurs l'absence totale de voies d'eau naturelles permanentes dans la région piémontaise. Seuls des cours d'eau allogènes bien alimentés et profitant d'un lit plus ou moins imperméable atteignent le piémont et y roulent encore un volume d'eau appréciable. Depuis longtemps, l'agriculteur a appris à ignorer les précipitations, malgré leur concentration en saison végétative, comme moyen d'augmenter ses rendements. Il concentre plutôt tous ses efforts sur

<sup>8</sup> Selon Thornthwaite, on peut classer les climats de Mendoza et de San Rafael de la façon suivante:

San Rafael = DbB2<sup>1</sup>  
 D = Semi-aride (-32); d = excédent d'eau nul ou très léger (0.14); B2<sup>1</sup> = mésothermal (746).

Mendoza = EdB2<sup>1</sup>  
 E = Aride (-41); d = excédent d'eau nul ou très léger (0.12); B2<sup>1</sup> = mésothermal (784).

<sup>9</sup> KNOCHE, Walter, et BORZACOW, Vladimir, *Clima de la República Argentina*, dans *Geografía de la República Argentina*, t. VI, Buenos Aires, GAEA, 1947, p. 140 et ss.

**Tableau 1** *Évapotranspiration potentielle et bilan hydrique, à San Rafael et à Mendoza selon la méthode empirique de Thornthwaite, au cours de la période 1951-60*

	<i>Juil.</i>	<i>Août</i>	<i>Sept.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Déc.</i>	<i>Jan.</i>	<i>Fév.</i>	<i>Mar.</i>	<i>Avr.</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Total</i>
<i>SAN RAFAEL</i>													
Température moyenne	7.1	8.5	11.8	15.1	19.3	21.4	3.0	22.4	19.1	13.4	9.8	6.7	14.8
Précipitation	13	12	17	58	44	46	43	19	24	19	24	24	343
Évapotranspiration potentielle	16	23	39	67	99	111	130	105	85	31	26	14	746
Évaporation réelle	16	19	17	58	44	46	43	19	24	19	24	14	343
Réserves d'eau accumulées	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	17
Indice d'accumulation	-3	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	8
Déficit	0	4	22	9	55	65	87	86	61	12	2	0	403
Excès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>MENDOZA</i>													
Température moyenne	7.7	9.8	13.1	16.	20.3	22.3	23.7	22.8	20.3	14.9	11.0	7.7	15.8
Précipitation	6	11	10	35	27	38	30	18	24	10	12	14	235
Évapotranspiration potentielle	13	24	42	62	99	124	114	108	90	47	29	12	784
Évaporation réelle	8	11	10	35	27	38	30	18	24	10	12	12	235
Réserves d'eau accumulées	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Indice d'accumulation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Déficit	5	13	32	27	72	86	104	90	66	37	17	0	549
Excès	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

les problèmes reliés de près ou de loin à la distribution de l'eau par des canaux jusqu'à sa *finca* où il tentera d'augmenter les rendements ou, au moins, de combler le déficit hydrique, résultat d'un mauvais partage des eaux, par l'exploitation de la nappe phréatique parfois très profonde.

Les inconvénients qu'entraînent certaines pluies de convection extrêmement violentes, outre la crainte atavique des chutes de grêle désastreuses, sont beaucoup plus sérieux et souvent coûteux. En plus des inondations et des coulées d'alluvions déjà signalées, les précipitations, lorsqu'elles sont suivies de périodes nuageuses prolongées, haussent le pourcentage d'humidité relative de l'air ambiant et ralentissent donc la maturation du raisin. La graduation en alcool requise pour autoriser la levée de la récolte est retardée et la vendange peut être reportée de deux à quatre semaines, comme ce fut le cas en 1964 et en 1967.

Cette situation augmente le risque des gelées précoces de la fin d'avril, gelées qui restreignent les profits des *viñateros* (rétribués au poids du produit livré) et affecte la qualité du vin, car des feuilles desséchées par les gelées nocturnes se trouvent mêlées aux grappes au moment de la vendange et donnent au vin un goût amer.

Dans le piémont du Cuyo, si la Cordillère garantit l'approvisionnement en eau, c'est la coïncidence chronologique entre la fonte des neiges et la saison végétative qui autorise une mise en valeur intensive de l'espace utile.

Cependant, dans la région de San Rafael plus particulièrement, les véritables problèmes sont d'un autre ordre.

#### *Le régime thermique et le problème des gelées*

Si l'on examine de près les moyennes et les extrêmes de température dans le piémont du Cuyo (tableau 2), l'aspect continental du climat soumis aux caprices du front polaire et ponctué de fortes oscillations de températures diurnes, apparaît avec netteté. On ne doit cependant pas exagérer le rôle joué par un air ambiant supposément sec sur la radiation nocturne, car l'indice d'humidité relative se situe ordinairement entre 50 et 65%. En fait, l'accroissement des superficies irriguées (400,000 hectares dans les trois oasis), l'utilisation intégrale et massive des ressources en eau, auxquelles il faut ajouter les prélèvements effectués sur les nappes souterraines, ont bouleversé les données bio-climatiques en accentuant l'évaporation tout au long de la saison végétative. Au cours des vingt dernières années, la situation a donc sensiblement changé et les conditions locales se sont modifiées, de l'avis même de la plupart des exploitants agricoles, à un point tel que l'on peut parler de micro-climat, surtout pour Mendoza et San Rafael.

L'écart entre la moyenne annuelle et la moyenne mensuelle est peu marqué: il est d'à peine 0.6° pour la moyenne annuelle, soit 14.8° à San Rafael et 15.6° à Mendoza. Pour le mois le plus chaud, il est également de 0.6°, et de 0.5° pour le mois le plus froid (tableau 2). Entre les stations de San Rafael et de General Alvear (son prolongement vers l'est, à 90 km), l'écart sera plus grand à la fois pour le mois le plus chaud et pour le mois le plus froid, soit 1.1°, une nuance déjà « pampéenne » dans le cas de General Alvear. Ce ne sont pas cependant des décalages assez marqués pour en tirer des conclusions hâtives. Aussi, afin d'exposer le plus clairement possible

Tableau 2 *Tableau comparé des données climatiques*

	<i>San Rafael</i>	<i>General Alvear</i>	<i>Mendoza</i>
Température moyenne annuelle	14.8	15.6	15.4
Température du mois le plus chaud	23.3	24.4	23.9
Température du mois le plus froid	6.6	7.7	7.2
Limite inf. de la température du mois le plus froid	-7.4	-6.0	-4.3
Date du début de l'hiver thermique (Moy. = -10°)	14 mai	26 mai	15 mai
Date de la fin de l'hiver thermique	24 août	11 août	22 août
Date du début de l'été thermique (Moy. = 20°)	25 novembre	4 novembre	17 novembre
Date de la fin de l'été thermique	3 mai	10 mai	12 mai
Date de la dernière gelée	16 octobre	29 septembre	6 septembre
Date de la première gelée	23 avril	1 mai	12 mai
Pertes par accidents climatiques dans les vignobles	16.3	14.0	0.3
Pertes par les gelées	10.7	12.9	0.0
Pertes par les chutes de grêle	5.6	1.1	0.2

les distinctions thermiques entre San Rafael et Mendoza, nous avons établi les climo-diagrammes selon la formule de Papadakis<sup>10</sup> pour ces deux stations (figure 5).

C'est au niveau thermique (moyenne 20°) qu'apparaît la première distinction, l'été thermique de Mendoza dépassant de plus de deux semaines en durée celui de San Rafael. La date moyenne de la dernière gelée s'établit au 6 septembre à Mendoza mais au 16 octobre seulement à San Rafael, soit un écart énorme de 40 jours. Il existe un décalage de 20 jours également en faveur de Mendoza pour les premières gelées. On remarquera, d'autre part, la faible amplitude des saisons de transition non affectées par les gelées à San Rafael. Les gelées tardives notamment, causent des pertes irréparables à l'époque de la floraison, surtout dans les vignobles, où les bourgeons apparaissent avec deux semaines de retard sur Mendoza (figure 6) Malgré l'ampleur de la marge normale dont profitent vignobles, vergers et cultures maraîchères, les gelées entraînent des pertes considérables dans le sud de la province de Mendoza. À San Rafael, elles représentent 65% des pertes encourues par suite d'accidents climatiques et, dans le district de General Alvear, elles représentent 90%. Ces pertes équivalent à 16.3% du volume de la production pour San Rafael. À Mendoza, sauf dans le cas exceptionnel d'une *belada negra*,<sup>11</sup> les dégâts causés par les gelées sont si faibles qu'on ne se donne même pas la peine d'en dresser le bilan. Pour importantes qu'elles soient, les pertes causées par une gelée précoce ne peuvent atteindre l'ampleur de celles des gelées tardives, particulièrement au moment de la floraison. La gelée tardive affecte toutes les cultures dans leur phase initiale de déve-

<sup>10</sup> PAPADAKIS, Juan, *Informe ecológico sobre las provincias de Mendoza y San Juan*, dans *I. D. I. A.*, n° 76 (Buenos Aires, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1954), pp. 2-14.

<sup>11</sup> La gelée précoce du 29 mars 1964, conséquence de l'avancée du front polaire, affecta toute la province de Mendoza, causant des pertes considérables dans les vignobles à la veille des vendanges. L'expression *belada negra* s'applique aux gelées produites par la stagnation du front polaire, tandis que *belada blanca*, convient aux gelées localisées et de peu d'extension, causées le plus souvent par des inversions de température et par l'absence de vent.

CLIMODIAGRAMMES COMPARÉS  
(SELON PAPADAKIS)

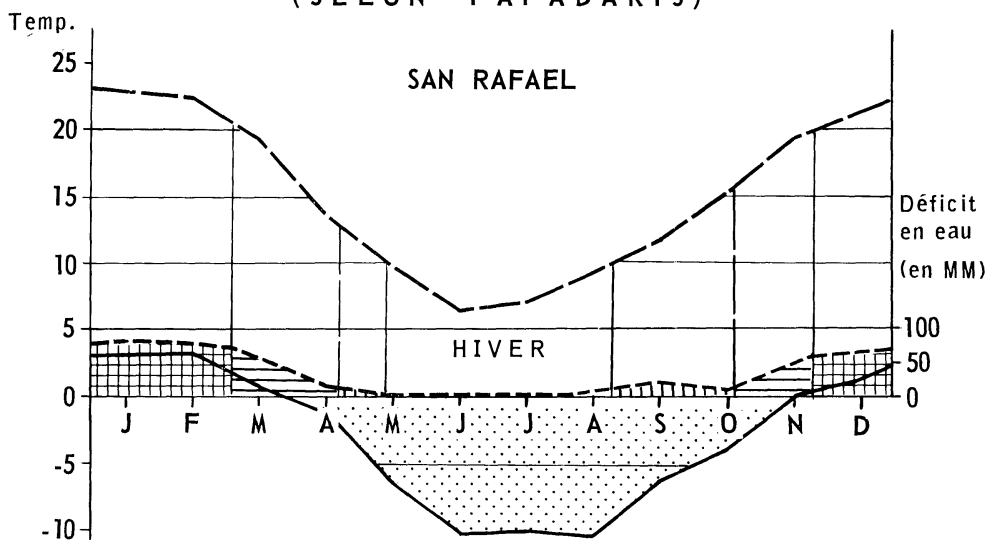


Figure 5a

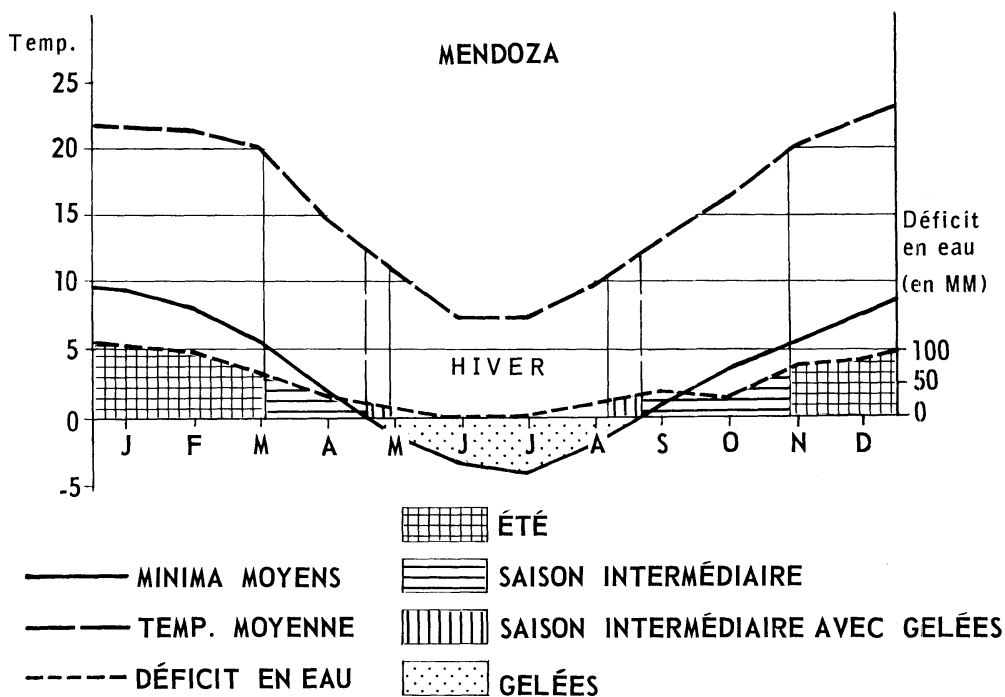


Figure 5b

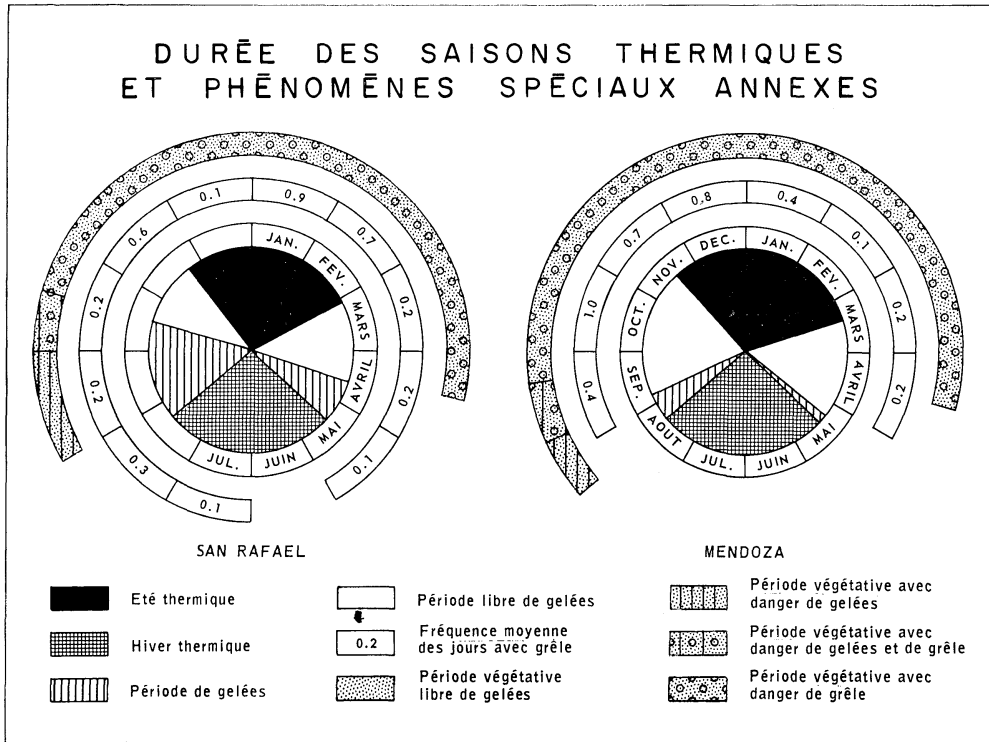


Figure 6

loppement, tandis que seuls le vignoble et quelques cultures maraîchères (tomates, piments) seront touchés au moment d'une gelée précoce.

Dans la région de San Rafael, où les gelées localisées sont communes, la coutume d'enclorre les parcelles irriguées d'un haut rideau de peupliers favorise la stagnation de l'air. Grâce au développement de leurs racines, ces arbres consolident les parois non bétonnées des canaux d'irrigation (*acequias*); leur présence contribue également à ralentir l'assèchement des surfaces cultivées par le vent et à enrayer dans une certaine mesure, les remontées capillaires et la salinisation des couches supérieures. Des rideaux d'arbres d'envergure moyenne (acacias, cognassiers, etc.) pourraient, semble-t-il, lutter aussi efficacement contre le vent tout en tolérant un brassage d'air minimum qui réduirait le taux des pertes encourues.

Malheureusement, l'Assurance agricole (*Seguro agrícola*) n'offre pas de compensation pour les pertes causées par les gelées, étant donné qu'il existe, en principe, des moyens partiels de défense. Normalement, ce sont les cultures maraîchères et la vigne basse, en *espaldera* ou en *contra-espaldera*, qui en souffrent le plus, pendant que les vergers et la vigne haute (*parral*) n'en sont que marginalement affectés. Bien entendu, il existe de nombreux systèmes modernes (rotor, fournaise à gaz ou à l'huile) qui ont fait leurs preuves, particulièrement en Californie, mais on en est toujours au stade expérimental dans l'oasis de San Rafael. D'ailleurs, le marché trop restreint

interdit de tels investissements, hors de portée des propriétaires de *fincas*. De toute façon, on doit ici tenir compte des contraintes exercées par un autre facteur climatique, la grêle, le fléau local sans doute le plus terrible car, en plus de se produire de façon spectaculaire, il endommage parfois à tel point les plantes qu'il les dépouille de leurs feuilles et de leurs fruits. Si elles n'ont pas été définitivement détruites, il leur faudra de 2 à 3 ans pour retrouver leur vigueur initiale.

*La grêle, « granizo » et « pedrisco »*<sup>12</sup>

Épée de Damoclès suspendue l'été durant sur les oasis de Mendoza et surtout de San Rafael, le phénomène a peu d'incidences sur l'aire de San Juan. La morphologie particulière du sud du piémont du Cuyo qui étale d'amples glacis d'érosion et de vastes nappes d'épandage, favorise le réchauffement des couches d'air immédiatement au contact du sol, donc la turbulence verticale, et accroît en conséquence la fréquence des chutes de grêle.

Ces chutes régulières accompagnent habituellement les orages de convection. On pourrait alors les juxtaposer à des dépressions stationnaires animées de puissants courants ascendants qui atteignent de très hautes altitudes et qui, à leur tour, s'expliqueraient par la présence d'un courant ondulatoire stationnaire. Les orages qui donnent lieu aux *granizadas* se forment à la manière des ondes à des distances variables de la Cordillère. Les décharges de grêle se produisent donc localement.<sup>13</sup> Quoique se produisant concurremment, les processus de formation et de chute des grêlons restent essentiellement mécaniques et ne sont donc aucunement reliés aux orages. On peut toutefois les considérer comme conséquence de ceux-ci plutôt que comme des phénomènes connexes, puisqu'il y a ascendance de l'air. « Au cours de leur ascension, les courants d'air humides qui atteignent l'altitude de la tropopause se refroidissent. Le phénomène revêt donc un caractère adiabatique, car il y a baisse de température sans qu'il y ait gain ou perte de chaleur. »<sup>14</sup>

Le sud de la province de Mendoza a toujours été la cible favorite des chutes de grêle dévastatrices. Le département de San Rafael même compte généralement parmi les plus touchés, avec quelques départements (Santa Rosa et La Paz) de l'aire d'influence Mendoza-Tunuyan. Sans doute, leur éloignement commun du pied de la Cordillère et leur position au milieu des vastes surfaces planes jouent-ils un rôle déterminant. Dans le seul département de San Rafael, la moyenne annuelle des pertes dues à la grêle pour la période 1952-53 à 1964-65 atteint 18,38% (figure 7). À l'échelle de la province, la moyenne s'établit à 12,97%. On remarquera l'extrême irrégularité de ce graphique. En une seule occasion avant 1959, les pertes enregistrées étaient établies à 29% du volume de la production. Cette année-là (1959-60), des

<sup>12</sup> Dans *El problema general del granizo y pedrisco, especialmente en Mendoza*, tiré du *Boletín de Estudios geográficos*, vol. I, n° 1, 1949, Ricardo G. Capitanelli établit la distinction entre *granizo* et *pedrisco*. Dans le premier cas, il s'agit de grains d'eau surgelée, translucides, ronds ou exceptionnellement coniques, de 2 à 5 mm. Le noyau blanchâtre est enrobé d'une couche de glace. Dans le second cas, ce sont des globules de glace transparents ou des séries de couches transparentes en alternance avec des couches opaques. Si la force ascendante est suffisante, ces grêlons peuvent atteindre le poids de 1 kg avant de rompre l'équilibre et de choir.

<sup>13</sup> GEORGI, Walter, *Anuario, Síntesis estadística y geográfica económica*, Mendoza, Instituto de Investigaciones Económicas y Tecnológicas, 1952, p. 26.

<sup>14</sup> CAPITANELLI, Ricardo G., *op. cit.* p. 60.

### PERTES ANNUELLES CAUSÉES PAR LES CHUTES DE GRÊLE DANS LE SUD DE LA PROVINCE DE MENDOZA

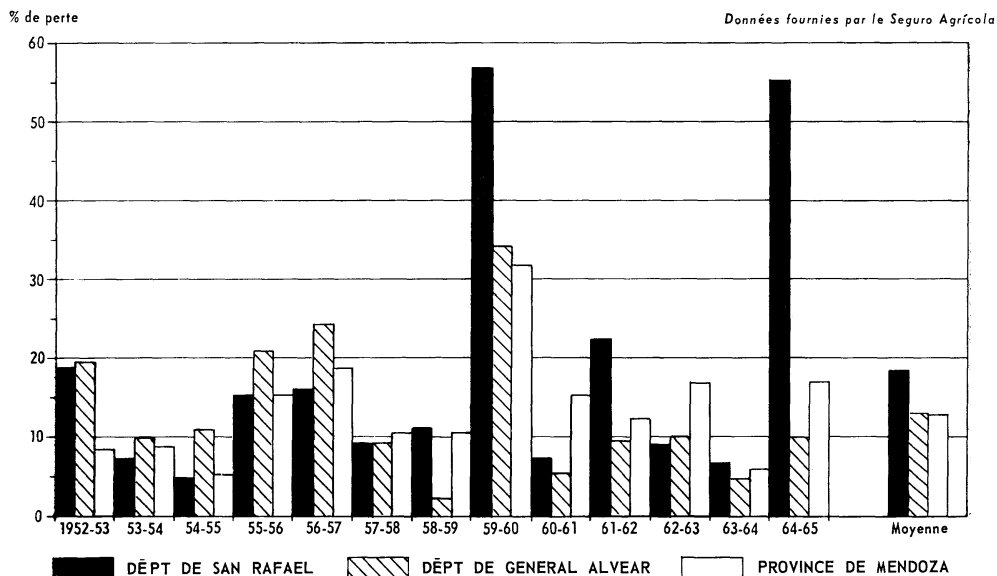


Figure 7

chutes de grêle exceptionnelles entraînent des pertes de l'ordre de 32.6% à l'échelle de la province et de 56.6% dans le seul département de San Rafael. En 1964-65, malgré un pourcentage relativement modéré de 17% de pertes applicables à l'ensemble de la province de Mendoza, le département de San Rafael, à lui seul, avec 55%, accumule 68% des pertes subies dans la province.

En dépit de l'insuffisance statistique concernant les régions sinistrées au cours des 10 dernières années, il nous a été possible, après de multiples enquêtes et la collaboration des inspecteurs du *Seguro agrícola* d'établir que certains secteurs de l'oasis de San Rafael, et particulièrement les districts à l'est de la ville, étaient sillonnés plus fréquemment par les trajectoires des chutes de grêle (*mangas de granizo*); elles affectent généralement la forme d'un arc peu recourbé de 2 à 30 ou 40 km de longueur par 2 à 6 km de largeur selon la somme d'énergie accumulée. Trois critères permettent de différencier les *mangas de granizo* selon leur extension et leur intensité; le nombre de réclamations, la surface affectée et la quantité de matière première endommagée. En partant de ces données, nous avons pu évaluer l'importance relative des dix principales chutes de grêle au cours de la saison 1965-66 (figure 8). Trois d'entre elles couvraient plus de 3,000 hectares. Les pertes causées par la première s'avèrent relativement moins importantes, probablement à cause du volume réduit des grêlons. Par contre, les chutes du 16 et du 18 février ainsi que celles des 15 et 19 mars 1966 se signalèrent par leur intensité, si l'on se réfère aux pertes évaluées par rapport à la surface affectée.



IMPORTANCE RELATIVE DE 10 PRINCIPALES CHUTES DE GRÊLE  
AU COURS DE LA SAISON 1965-66

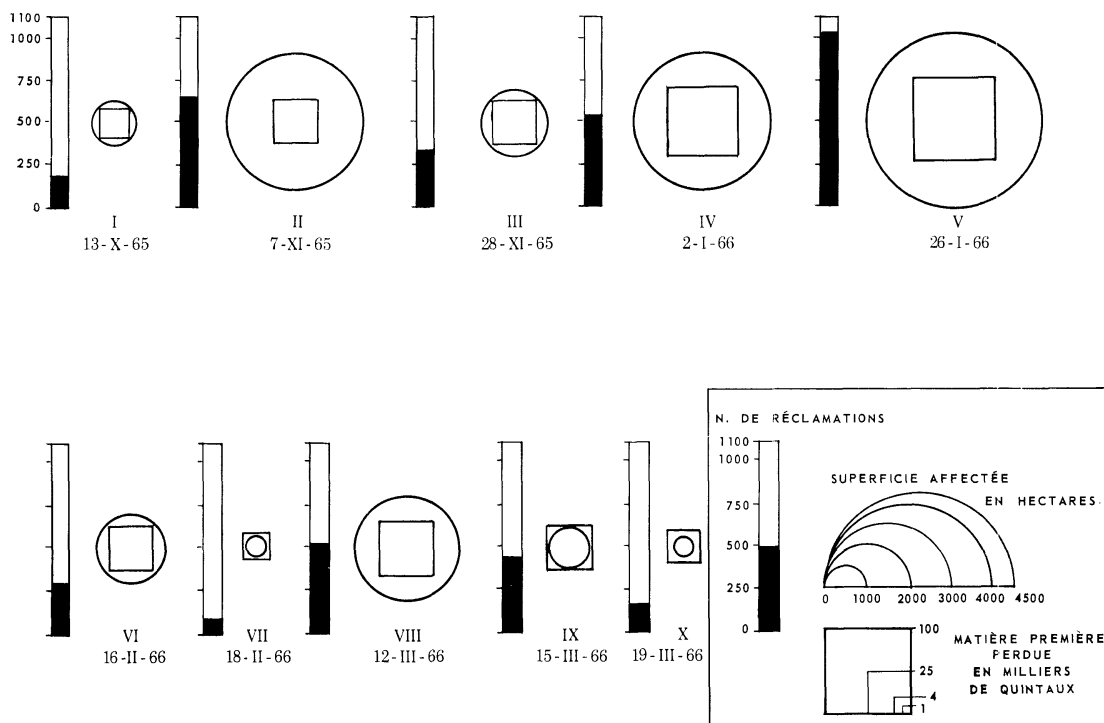


Figure 8

La saison 1966-67 fut sans doute l'exception qui confirme la règle dans le sud du piémont du Cuyo car les pertes par accidents climatiques (gelée incluse) n'atteignirent pas 1%.

Il n'existe pas actuellement de moyens techniques efficaces pour prévenir les chutes de grêle. Dès qu'apparaissent à l'horizon des cumulus menaçants, on persiste néanmoins à lancer des projectiles « anti-grêle » dont la portée dépasse à peine les 2,000 m et qui ne produisent strictement aucun effet. Cela va sans dire, puisque les phénomènes qui donnent lieu aux *granizadas* se déroulent entre 15,000 et 20,000 m d'altitude. Dans les circonstances, la tradition *criolla* qui consiste en pareil cas à tracer au sol une croix et à y planter son couteau pourrait fort bien se révéler plus efficace . . .

Depuis quelques années, certains propriétaires de vignobles, producteurs de vins fins, ont installé des grilles flexibles de fil de fer (*tejidos de alambre*) afin de protéger leur *parral* contre la grêle. Mais le prix élevé de l'installation (\$3,000 canadiens/hectare) freine les initiatives. Bianchi, Suter et quelques autres parmi les producteurs des meilleurs vins de la région qui obtiennent les plus hauts prix sur les marchés, peuvent justifier ces investissements jusqu'à ce jour limités à la vigne haute. La détérioration récente des prix du raisin consentis aux producteurs exclut toute velléité de transposer l'expérience à la vigne basse, d'autant plus que cette dernière est déjà très vulnérable aux gelées blanches, comme nous l'avons déjà signalé plus



**Photo 2** Un parral de type espagnol recouvert d'une grille de fil de fer (tejido de alambre) qui le protégera contre les chutes de grêle. Celle-ci, propriété de la finca Bianchi, a donné de bons résultats depuis son installation en 1964. On remarquera également l'ampleur des rigoles d'irrigation (par gravité) et l'alignement rigoureux des ceps de vigne. À 2 m du sol, les sarments sont attachés à un treillis de fil de fer avec de la paille de roseau (totora).

haut. Au cours de la désastreuse chute de grêle du 26 janvier 1966 qui occasionna des pertes complètes dans le district de Las Paredes, le *viñatero* Bianchi déclara que, grâce à son installation de « toile métallique », ses pertes ne dépassaient pas 25%; ce système de défense qui n'en est encore qu'à ses débuts semble satisfaisant. D'autres variétés de grilles métalliques à mailles très serrées font actuellement leur apparition et leur durée pourrait atteindre 20 ans, période suffisante pour en assurer l'amortissement. Cependant le prix demeure encore très supérieur aux possibilités financières locales déjà ébranlées par la fixation des prix du vin, l'inflation et les paiements différés.

Il ne reste donc que la *Seguro Agrícola*, initiative provinciale, qui fonctionne depuis 1952. Malheureusement, les chutes de grêle exceptionnelles des saisons 1959-60 et 1964-65 ont laissé cet organisme dans une situation financière extrêmement précaire. En l'absence de données statistiques précises réparties sur une durée suffisante, il fut impossible, au départ, d'effectuer les calculs de probabilité afin d'établir les taux de primes et de prestations adéquats. Aussi paie-t-on les indemnités aux sinistrés avec parfois deux années de retard. Si l'on y ajoute la dévalorisation du pouvoir d'achat du peso (30% en moyenne) et les pertes particulièrement élevées certaines années, dans les exploitations du sud du Cuyo, le propriétaire de vignoble se trouve doublement pénalisé.

Nous avons voulu, dans ces quelques pages, exposer un problème de climatologie un peu spécial en le replaçant dans son cadre régional. Au-delà des constantes qui identifient l'espace aride ou semi-aride, et des possibilités énormes de mise en valeur de zones dépendant étroitement de la présence de cours d'eau allogènes, interviennent des contraintes imprévisibles qui donnent à ces provinces leur caractère propre.

#### RÉSUMÉ

*Entre les marges sèches de la Pampa et les Andes s'inscrit une région sub-aride, ancienne province chilienne du Cuyo qui regroupe aujourd'hui les provinces argentines de Mendoza, San Juan et San Luis.*

*Au pied de la précordillère et des blocs soulevés, l'utilisation rationnelle des eaux de rivières allogènes à régime nival de montagne a permis l'irrigation de plus de 400.000 hectares de vignobles, vergers et cultures maraîchères. Trois grandes oasis se partagent ces espaces valorisés.*

*Distribuées le long de l'étroite frange piémontaise sur une distance d'environ 500 km, les conditions climatiques offrent localement des nuances qu'on a cru bon de souligner et de décrire dans cet article. Les deux premières parties établissent les constantes climatiques ; les deux dernières font état des contraintes qui pèsent sur ces oasis.*

*Une fois mis en place les principaux éléments qui composent le milieu désertique, l'auteur esquisse rapidement les grands traits de la circulation atmosphérique et du régime pluviométrique propre à cette région de l'Argentine. En partant de données précises, il établit ensuite le bilan hydrique et les indices d'évapo-transpiration potentielle qui lui permettront de distinguer les nuances de l'aridité dans le piémont du Cuyo.*

*Au niveau des contraintes, des gelées précoces ou tardives provoquées par des remontées de fronts froids ou encore par des inversions de températures compromettent régulièrement la production agricole, surtout dans l'oasis de San Rafael, la plus australe ; les risques sont moins grands dans celle de Mendoza et, à San Juan, ils deviennent même très marginaux. Contre cette menace pérenne, il n'existe guère de système de défense efficace.*

*Plus spectaculaires, les chutes de grêle, aussi dévastatrices qu'imprévisibles, grèvent lourdement les récoltes certaines années. Parmi les méthodes préventives, l'installation de grilles flexibles de fil de fer semblent avoir fourni des preuves concluantes sur leur utilité. Malheureusement les coûts de mise en place en freinent considérablement la diffusion.*

*On doit donc se contenter d'une formule compensatoire, l'Assurance-Récolte, Provinciale, dont les effets rétroactifs et partiels sont loin d'être adéquats.*

#### SUMMARY

*Between the dry margins of the Pampa and the Andes lies a semi-arid region, the former Chilean province of Cuyo, now contained within the Argentine provinces of Mendoza, San Juan and San Luis. In the foothills area of this region, snowmelt waters from high mountain basins are used to irrigate almost 400,000 hectares of land, which are presently in vineyards, orchards and market gardening. These areas of intensive agriculture are mainly concentrated in three distinct oasis areas scattered over a north-south distance of about 300 miles.*

*Local climatic conditions are stressed in this article because of their importance for agriculture. The first two sections of the article deal with the principal elements of the regional climate, while the last two sections touch upon climatic limitations affecting each of the oases. After a brief introduction to the main components of the arid environ-*

ment, the author deals with atmospheric circulation and the distribution of rainfall in this sector of Argentina. From precise data, he then determines the water balance and evapotranspiration indices which allow him to determine the varying levels of aridity in the foothills of the Cuyo.

An important climatic limitation are the early and late frosts which result from the intrusion of cold air masses or which are produced by temperature inversions; these frosts endanger agricultural production year after year, especially in the most southerly of the three oases, that of San Rafael. The frost hazard is not so great at Mendoza, and even less at San Juan. Against this perennial threat no protective system has yet proved effective.

Far more spectacular are the unpredictable hailstorms which cause serious damage to crops during certain years. Installation of flexible wire grillwork in some areas has reduced damages appreciably, but high costs of installation have inhibited widespread use of this technique. A Provincial Crop Insurance scheme exists, but it fails to protect the farmer adequately.

