Zeitschrift: Candollea : journal international de botanique systématique = international journal of systematic botany

Herausgeber: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève

Band: 41 (1986)

Heft: 2

Artikel: Etude biosystématique de l'agrégat Digitalis purpurea L. (Scrophulariaceae) en Méditerranée occidentale : II. Méthodologie

Autor: Hinz, Petra-Andrea / Bocquet, Gilbert / Mascherpa, Jean-Michel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-880003

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Etude biosystématique de l'agrégat Digitalis purpurea L. (Scrophulariaceae) en Méditerranée occidentale. II. Méthodologie

PETRA-ANDREA HINZ
GILBERT BOCQUET
&
JEAN-MICHEL MASCHERPA

RÉSUMÉ

HINZ, P.-A., G. BOCQUET & J.-M. MASCHERPA (1986). Etude biosystématique de l'agrégat Digitalis purpurea L. (Scrophulariaceae) en Méditerranée occidentale. II. Méthodologie. *Candollea* 41: 339-368. En français, résumé anglais.

En Méditerranée occidentale, l'agrégat *Digitalis purpurea* L. montre un extrême polymorphisme. Seule une étude biosystématique détaillée de l'ensemble du groupe pouvait aboutir à un traitement taxonomique pertinent. C'est ainsi que nous avons entrepris une étude portant sur environ 2000 échantillons, basée sur un ensemble de caractères chorologiques, phénologiques, écologiques et morphologiques. Cette masse d'informations à maîtriser nous a inévitablement conduit à la création d'une banque de données informatisées. Pour l'analyse statistique, les méthodes de la taxonomie numérique ont été utilisées. Dans ce deuxième article, une discussion de la méthodologie et des caractères retenus est présentée.

ABSTRACT

HINZ, P.-A., G. BOCQUET & J.-M. MASCHERPA (1986). Biosystematical studies of the Digitalis purpurea L. aggregate (Scrophulariaceae) in the western Mediterranean area. II. Methodology. *Candollea* 41: 339-368. In French, English abstract.

In the western Mediterranean area the *Digitalis purpurea* L. aggregate shows an extreme polymorphism. Only a detailed study of the entire group could lead to a pertinent taxonomic treatment. We have undertaken a thorough study based on approximately 2000 specimens and a maximum number of chorological, phenological, ecological and morphological characters. This amount of information to deal with has inevitably lead us to the establishment of a data base. For a statistical analysis the methods of numerical taxonomy have been applied. In this second paper a discussion of the methods and of the characters considered is presented.

Introduction

En nous référant à la distribution actuellement connue, nous avons recensé les divers problèmes taxonomiques posés par l'agrégat *Digitalis purpurea* L. (HINZ & al., 1986). Rappelons qu'une différenciation très importante des taxons a lieu en Méditerranée occidentale, qui s'oppose à leur homogénéité plus marquée en Europe centrale. Nous nous sommes donc attachés à l'étude de l'agrégat *Digitalis purpurea* dans la Péninsule ibérique, au nord du Maroc, aux Baléares, en Corse et en Sardaigne.

L'extrême polymorphisme de l'agrégat implique l'étude détaillée d'un échantillonnage de plantes aussi large que possible, basée sur un maximum de caractères observés. Cette énorme quantité d'informations à maîtriser nous a inévitablement conduit à un traitement numérique et à la

CODEN: CNDLAR
ISSN: 0373-2967
41(2) 339 (1986)

© CONSERVATOIRE ET JARDIN BOTANIQUES DE GENÈVE 1986

création d'une banque de données informatisée. Pour l'analyse statistique de nos données, nous avons fait appel aux méthodes modernes de la taxonomie numérique.

Dans les paragraphes qui suivent, nous présenterons le matériel examiné, les techniques et les programmes utilisés.

Matériel examiné

De manière à saisir correctement la variabilté du *Digitalis purpurea* dans le domaine considéré, un grand nombre d'échantillons a été observé. Ils proviennent de diverses sources:

— Les récoltes d'environ 400 échantillons provenant de la Corse, du Massif Central (français), de l'Espagne et du Portugal du Professeur G. Bocquet.
— Le matériel important de plusieurs herbiers, surtout méditerranéens: BC, BM, C, CAG, COI, COI-WIL, FI, G, GDA, JACA, K, LINN, LISU, LY, MA, MAF, MARSSJ, MPU, NEU, PO, RNG, SANT, SS, ZT (cités ci-dessus selon HOLMGREN & al.,1981), les récoltes de Perez-Chiscano, le matériel marocain de Dobignard et de l'"Herbar des Lehrstuhls Biogeographie der Universität Bayreuth".
— En outre, nous avons effectué plusieurs campagnes d'herborisation, en Corse, en Sardaigne, en Espagne, au Portugal et en Allemagne. Elles nous ont permis de relever de nouvelles indications écologiques et de récolter du matériel en fonction des nécessités informatiques de notre travail. Des observations concernant la longévité des plantes ont aussi été faites.

L'ensemble du matériel d'herbier ainsi rassemblé représente donc plus de 2000 échantillons. Pour les différents aspects de l'étude (chorologie, phénologie, écologie et morphologie), un certain nombre d'individus ont été tirés de cet ensemble.

Les informations nomenclaturales et stationnelles, relevées classiquement sur les étiquettes d'herbier, ainsi que l'état phénologique, ont été enrégistrés pour tout le matériel disponible. L'étude écologique est restreinte à nos propres observations sur le terrain. Elle porte sur 288 stations visitées concernant les 551 nouveaux échantillons récoltés. Les données morphologiques enregistrées pour le traitement informatique proviennent aussi en majorité de ce matériel. Elles sont complétées par l'étude de certains échantillons des régions que nous n'avons pas visitées. De même, l'étude des types a complété nos données.

L'établissement de la banque de données

Pour chaque échantillon examiné, les diverses informations ont été réunies sur un bordereau de prise de données conçu pour l'ensemble des travaux de systématique aux Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (BOCQUET & MASCHERPA, 1981).

Ce bordereau comprend deux parties distinctes. Au recto, nous notons les informations nomenclaturales et stationnelles, classiquement relevées sur les étiquettes d'herbier. Cette partie contient 29 champs utilisables pour tous les travaux systématiques, permettant ainsi la création d'une base de données générale de l'herbier. Au verso, le bordereau contient une simple matrice de 149 champs, variable pour chaque étude.

Pour la prise de données nomenclaturales et stationnelles classiques nous renvoyons aux travaux précédents (AESCHIMANN & al., 1981; JEANMONOD & MASCHERPA, 1982) et nous ne soulignerons par la suite que les détails de la prise de données particuliers à notre étude et méritant une explication supplémentaire.

Données chorologiques

Afin de présenter une vision chorologique sur l'ensemble de l'agrégat *Digitalis purpurea* en Méditerranée occidentale, nous avons dépouillé non seulement les informations de l'herbier mais également celles de la littérature. Selon l'origine de ces sources nous avons réparti l'information floristique en deux bases informatiques:

— Une première série représente le matériel d'herbier, donc 2000 éléments.
— La deuxième série contient les indications floristiques recueillies dans différentes flores ainsi que dans les principaux périodiques espagnols et portugais. La référence bibliographique correspondante apparaît sous la rubrique *26* de notre bordereau. Cette deuxième série comporte actuellement 853 localités citées dans la littérature.

Pour chaque localité relevée dans la rubrique *19*, le pays concerné (champ *14*) et la province politique (champ *15*), ont été enregistrés selon les indications de l' *Official Names Gazetteer (Washington D.C.)*. La région géographique apparaît sous le champ *16*. De même, les coordonnées ont été recherchées et enregistrées (champ *17*). Ce dernier item est divisé en deux sous-items dont le premier indique la valeur de l'information:

P = coordonnées précises, calculées sur les cartes topographiques disponibles ou issues des lieu-dits de l' *Offical Names Gazetteer (Washington D.C.)* des pays concernées;
A = coordonnées approximatives, utilisées dans le cas où seulement une région est indiquée comme localité de récolte. Elles sont également issues de l'ouvrage cité ci-dessus.

Ces deux codes concernent les informations de l'herbier. Un troisième code est réservé pour les indications floristiques de la littérature:

F = coordonnées issues d'une flore ou d'un article, sans distinction entre les coordonnées précises ou approximatives.

Le deuxième sous-item correspond aux coordonnées elles-mêmes, relevées en degrés et minutes. Cette solution permet de dessiner automatiquement des répartitions, en distinguant par des signes différents l'origine et la valeur de l'information.

Données phénologiques

La période de floraison n'est pas un des caractères retenus pour le traitement numérique, mais fait l'objet d'une analyse séparée. L'état phénologique de chaque échantillon est comparé à la date de récolte (item *13*). Ceci permet tout d'abord d'exprimer la période de floraison, mais aussi de mettre en évidence la possibilité d'un isolement reproductif temporel saisonnier des populations sympatriques. Un tel isolement est naturellement étroitement lié à l'isolement écologique.

Lors de la prise de données, on a séparé les échantillons végétatifs, (généralement âgés d'un an) des échantillons en phase générative (de deux ans ou plus). L'état phénologique est donc divisé en deux champs:

Le champ *30* indique la présence d'une jeune rosette, codée comme suit:

2 = rosette absente;
3 = rosette présente.

Pour les valeurs 0 et 1 la convention décrite plus bas a été adoptée.

Le champ *31* contient l'état phénologique d'un échantillon en phase générative. Sur le modèle proposé par DIERSCHKE (1972), qui considère le pourcentage des fleurs ouvertes comme mesure phénologique, et en raison de la floraison échelonnée de la base à l'extrémité de la grappe, nous avons reconnu plusieurs étapes dans le développement floral des digitales.

En divisant le nombre total des fleurs de la grappe terminale en 4, nous avons obtenu de la base à l'extrémité 4 segments équivalents. Les limites supérieures de ces 4 segments ont été utilisées pour la classification des différents états phénologiques selon le codage suivant:

3 = période des bourgeons (toutes les fleurs de la grappe terminale en bourgeons);
4 = début de floraison (fleurs ouvertes seulement dans le segment basal de la grappe terminale);
5 = pleine floraison (fleurs ouvertes jusqu'à la limite supérieure du troisième segment, compté de la base de la grappe terminale);

6 = fin de floraison (fleurs ouvertes atteignant le haut de la grappe terminale soit le quatrième segment);
7 = fin de floraison et début de fructification (quelques fleurs ouvertes à l'extrémité et simultanément des capsules mûres dans les deux segments basaux de la grappe terminale);
8 = fructification (sans fleurs ouvertes sur la grappe terminale);
9 = après la fructification (toutes les capsules vides).

Données écologiques

Afin d'appréhender au mieux les facteurs contrôlant le polymorphisme des digitales pourpres, nous avons aussi noté l'écologie des localités. Au cours de nos campagnes d'herborisation nous avons systématiquement relevé quelques caractéristiques écologiques. WERNER (1964) fournit de nombreuses indications sur l'écologie des digitales qu'il rassemble à partir de la littérature. Nous avons suivi certaines de ses propositions concernant l'altitude, l'exposition, le substrat et la végétation, tout en ajoutant d'autres cas dérivés de nos propres expériences.

Cependant, pour des raisons de temps, nous n'avons choisi que quelques données faciles à relever sur le terrain. Nous avons retenu 14 paramètres touchant quatre domaines différents: la situation dans le terrain, les conditions géologiques et édaphiques, la végétation et l'impact humain.

La situation dans le terrain

Par. 1. — Altitude, en m, mesurée au moyen d'un altimètre. Ce paramètre, généralement noté sous l'item *18* du bordereau, a été intégré dans notre analyse écologique afin d'évaluer l'étendue altitudinale des différentes formes du *Digitalis purpurea*, mais aussi de fournir une indication climatique.

Par. 2. — Topographie, définie par le codage suivant:

3 = plaine ou plateau;
4 = versant maritime;
5 = versant montagneux;
6 = col;
7 = sommet;
8 = vallée;
9 = gorge ou vallon.

Nous avons choisi la topographie comme indicatrice du microclimat d'une station (humidité, exposition au vent, etc.) dans un macroclimat relevé sur des cartes climatiques (WALTER & LIETH, 1960). Soulignons ici le principe du "Biotopwechsel und relativer Standortkonstanz" (WALTER, 1979) selon lequel la compensation d'un changement de climat passe par un changement d'habitat, notamment à la limite de répartition d'une espèce. A cet égard, l'état "gorge" nous semble spécialement intéressant pour les espèces subatlantiques.

Par. 3. — Pente, estimée en % et codée ainsi:

2 = plate;
3 = légèrement inclinée (inférieure à 10%);
4 = moyennement inclinée (comprise entre 10 et 30%);
5 = raide (comprise entre 30 et 100%);
6 = escarpée ou surplombante (supérieure à 100%).

En tenant compte du microhabitat de la plante il était, dans la plupart des cas, impossible de mesurer la pente avec un clinomètre. La pente a été simplement estimée, ce qui nous a amené à établir des classes assez larges et bien discernables.

Par. 4. — Exposition, mesurée au moyen d'une boussole et codée de la façon suivante:

2 = caractère non présent, terrain plat;
3 = N;

4	=	NE;	8	=	SW;
5	=	E;	9	=	W;
6	=	SE;	10	=	NW;
7	=	S;			

Les conditions géologiques et édaphiques

Ce groupe de 5 paramètres est basé sur les échantillons géologiques, témoins du substrat géologique, et sur les observations effectuées sur place.

Par. 5. — Substrat géologique. Les différents types de roches rencontrés sont classés suivant une échelle d'affaiblissement de quartz en sursaturation.

3 = quartzite, grès quartzitique;
4 = grauwacke;
5 = granite s.l. (granite, microgranite, rhyolithe, granodiorite, tuf, dacite, gneiss, granite alcaline);
6 = pelite siliceuse, micaschiste à quartz;
7 = pelite classique;
8 = argilite, schiste bleu, micaschiste sans quartz;
9 = syenite;
10 = roche siliceuse mixte;
11 = calcaire, calcaire dolomitique.

Par. 6. — Réaction HCL du substrat. Ce test classique fait à l'acide chlorhydrique 10% a été effectué pour tous les échantillons géologiques:

2 = réaction négative;
3 = réaction positive.

Par. 7. — Acidité du sol. Le pH a été mesuré avec l'indicateur "Hellige". La terre a été prise entre 0 et 5 cm de profondeur, en raison de l'enracinement peu profond des digitales. Faute de temps, l'acidité n'a été relevée que dans quelques cas précis, notamment sur les stations calcaires pour évaluer l'étendue de la décalcification, ou sur les stations couvertes d'une couche épaisse d'humus brut.

Par. 8. — Recouvrement des éléments squelettiques visibles à la surface du sol. Ce paramètre est évalué en % au moyen de cartes d'estimation du recouvrement (BENZLER & al., 1982) sur une surface d'environ 5 m^2 autour de la plante récoltée. Les valeurs ainsi obtenues ont été groupées de la manière suivante:

2 = recouvrement inférieur à 5%;
3 = recouvrement compris entre 5 et 25%;
4 = recouvrement compris entre 25 et 50%;
5 = recouvrement compris entre 50 et 75%;
6 = recouvrement compris entre 75 et 100%;
7 = recouvrement 100% (racine dans une fente de roche sans terre visible).

Par. 9. — Sous-sol stabilisé. Les deux possibilités sont codées comme suit:

2 = sous-sol en éboulement;
3 = sous-sol stabilisé.

La végétation

La végétation donne lieu à un troisième groupe de données écologiques.

Par. 10. — Type de végétation. A cet égard nous avons distingué 14 états différents.

Forêts
3 = forêt de conifères, hêtraie, chataîgneraie;
4 = forêt d'eucalyptus;
5 = subéraie;
6 = chênaie.

Buissons	7	=	maquis;	9	= lande;
	8	=	garrigue;	10	= ronçeraie.
Végétation herbacée	11	=	ptéridaie;		
	12	=	prairie;		
	13	=	végétation rudérale;		
	14	=	hautes herbes au bord de ruisseau;		
	15	=	végétation d'éboulis;		
	16	=	végétation saxicole.		

Nous avons repris la classification proposée par ELLENBERG & MUELLER-DOMBOIS (1967) pour les formations végétales. Toutefois, nous n'en retiendrons que les idées principales.

Par. 11 à par. 13. — Recouvrement de la végétation des strates arborescente, arbustive et herbacée. Nous nous sommes basés sur la méthode d'estimation de BRAUN-BLANQUET (1964) en ne tenant toutefois pas compte de l'abondance des individus, car nous n'avons pas évalué la proportion des différentes espèces, mais le total du recouvrement de chaque strate de végétation. Ainsi les recouvrements inférieurs à 5% ont été regroupés dans une catégorie, à l'exclusion du cas d'une digitale solitaire, par exemple pour la plante se trouvant isolée sur une falaise. Comme surface de relevé, le voisinage immédiat de la plante récoltée, a été choisi, soit environ 5 m^2:

2 = digitale isolée;
3 = recouvrement inférieur à 5%;
4 = recouvrement compris entre 5 et 25%;
5 = recouvrement compris entre 25 et 50%;
6 = recouvrement compris entre 50 et 75%;
7 = recouvrement supérieur à 75%.

L'impact humain

Par. 14. — Impact humain. En nous référant à HART (1976), nous avons choisi les différents états de manière à évaluer la pression anthropogène sur la distribution des digitales pourpres:

2 = station naturelle;
3 = talus des voies de communication;
4 = coupe (clairière, laie);
5 = prairie;
6 = pâturage;
7 = culture (en bordure des endroits cultivés)
8 = décombres, maçonnerie, pavage;
9 = station incendiée.

Données morphologiques

Lors d'un premier survol du matériel et de la littérature, nous avons compulsé l'ensemble des caractères possibles. En particulier, nous avons retenu les caractères utilisés par WERNER (1965) dans son travail sur l'ensemble du genre *Digitalis* L., ceux des diagnoses ainsi que ceux utilisés dans les différentes flores. Cette première liste de caractères a servi de base de départ de l'étude. En la vérifiant, nous avons rencontré plusieurs difficultés:

— le matériel d'herbier incomplet;
— les caractères manquants;
— les caractères trop compliqués ou impossibles à examiner en herbier;
— la détermination des organes homologues lors de l'observation des caractères.

En raison de la taille des digitales, dépassant souvent un mètre, une grande partie du matériel d'herbier est incomplète. Cela ne permet pas l'analyse de l'ensemble des caractères, condition primordiale de la taxonomie numérique. Par conséquent, il était impossible d'intégrer ces échantillons incomplets dans le traitement informatique.

D'autre part, variant avec les états phénologiques, certains caractères manquent. Il est évident que l'éventail des échantillons portant encore des fleurs et également des capsules mûres est restreint. Ces caractères de capsule donneront lieu à une analyse séparée. Un deuxième problème est posé par les feuilles de rosettes plus ou moins fanées pendant la floraison et dont il est difficile de mesurer les tailles. En fin de compte, nous avons décidé de renoncer à l'utilisation de ces caractères dans l'analyse factorielle.

L'importance systématique de quelques caractères difficiles à examiner en herbier, comme la longévité, la cespitosité de la plante et la couleur de la corolle nous a amené à les observer sur le matériel frais au moment de la récolte.

En raison de l'éventail très large de la taille des plantes (de 10 cm à 2,50 m), il était inutile d'observer certains caractères comme ceux des feuilles ou des bractées au niveau d'un entre-nœuds précis. C'est pourquoi nous avons résolu d'analyser les caractères aux niveaux proportionnels des plantes, afin de garantir une homogénéité par rapport à la séquence foliaire sur l'ensemble des échantillons examinés. Mais cette approche ne convient pas à la prise de données sur le calice et la corolle; ces caractères ont été observés au hasard dans l'inflorescence terminale, selon l'état phénologique de l'échantillon.

Au vu de ces difficultés, la liste définitive des caractères a été établie et nous en soulignons quelques détails dans les paragraphes qui suivent.

L'ensemble des caractères morphologiques

Longévité

Car. 1. — Longévité.

2 = plante bisannuelle ou jeune;
3 = plante clairement pérennante (hampe florale de l'année précédente présente).

Les espèces de l'agrégat *Digitalis purpurea* sont généralement bisannuelles. Cependant, il existe des espèces ou variétés pérennantes. Afin de répondre à la question de la longévité des digitales pourpres, nous avons choisi comme critère la présence ou l'absence d'une hampe florale de l'année précédente. Ceci permet de séparer les plantes qui ont déjà fleuri pendant la saison ou les saisons précédentes de celles qui fleurissent pour la première fois. En revanche, il est difficile de distinguer les échantillons bisannuels de ceux véritablement pérennants, mais très jeunes ou n'ayant pas encore fleuri. Il est évident que ce caractère est principalement un caractère d'observation sur le terrain, car une hampe florale fanée est rarement gardée en herbier.

Souche

Car. 2. — Cespitosité apparente. Ce caractère indique la ramification de la souche, en comptant le nombre de hampes florales présentes sur un individu. Cette valeur ne s'obtient également que sur le terrain (fig. 2).

Hampe florale

La partie fertile de la plante est portée par une hampe florale. Pour sa division en parties morphologiques distinctes nous avons adopté le modèle déjà utilisé lors d'une étude similaire dans le genre *Silene* L. (JEANMONOD & MASCHERPA, 1982):

— la partie basale avec des entre-nœuds très courts formant une rosette;
— la partie médiane ou tige proprement dite, à partir du premier entre-nœud qui s'allonge jusqu'à la première bractée;
— la partie supérieure formant l'inflorescence, c'est-à-dire la grappe terminale.

Pour les raisons indiquées plus haut, la partie basale de la hampe n'a pas été examinée. Un premier examen des échantillons a montré que la forme des feuilles de la rosette n'est en général pas très différente de celle de la hampe basale. En outre, elles sont souvent fanées sur les échantillons fleuris.

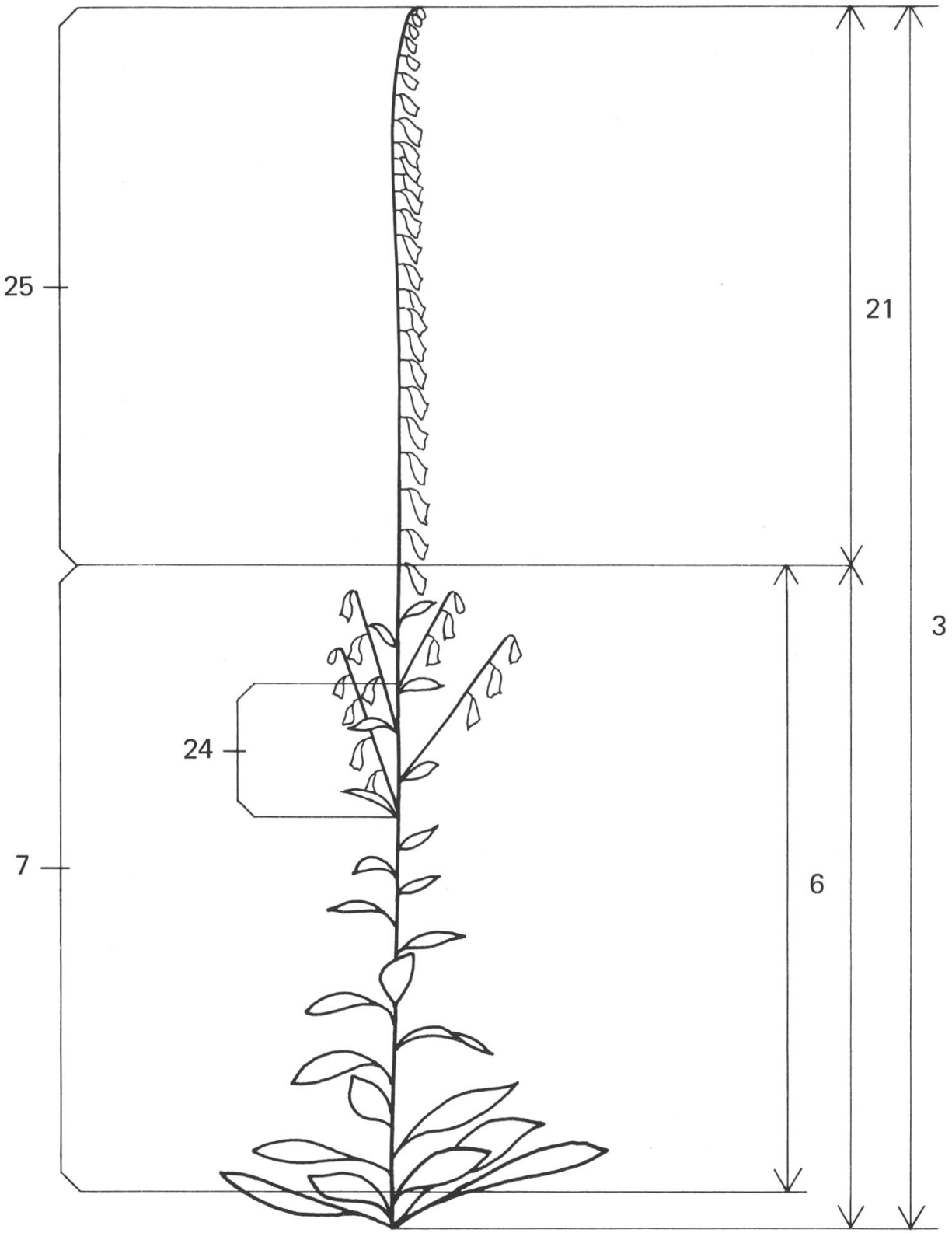

Fig. 1. — Caractères relatifs aux dimensions générales de la plante. Les grands chiffres correspondent aux caractères.

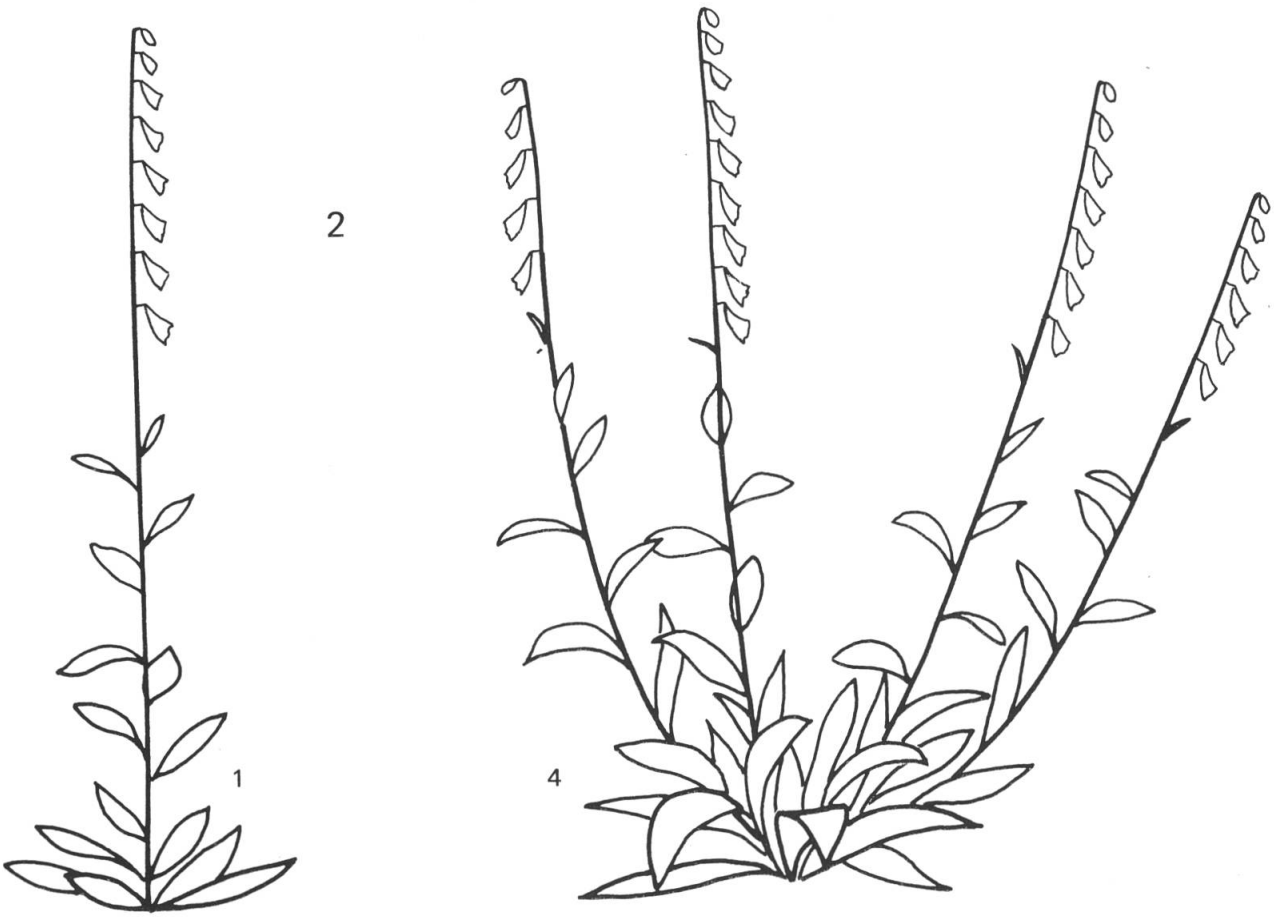

Fig. 2. — Caractère relatif à la souche (2). Les petits chiffres correspondent au codage de cet exemple.

Car. 3. — Hauteur totale de la hampe florale, en cm. Sur nos propres récoltes nous avons, dans le cas d'une plante possédant plusieurs hampes florales, toujours mesuré la hampe la plus grande (fig. 1).

Tige

Car. 4. — Intensité de la pigmentation anthocyanique de l'épiderme de la tige. Dans le cas d'une tige fortement poilue, ce caractère peut être caché par les poils. Il s'observe donc au-dessous de l'indument:

2 = nulle, lorsque la tige est totalement verte;
3 = faible, quelques taches rouges apparaissent sur la tige;
4 = intense, lorsque la tige est entièrement rouge.

Car. 5. — Répartition des feuilles le long de la tige. Feuilles toutes contractées en rosette basale, codée de la façon suivante (fig. 3):

2 = non, tige feuillée;
3 = oui, tige nue ou presque nue à cause de la contraction de toutes les feuilles dans la rosette.

L'état 3 de ce caractère a pour conséquence que les caractères concernant les entre-nœuds et les feuilles de la tige ne sont pas observables.

Car. 6. — Hauteur de la tige entre la rosette (à partir du premier entre-nœud qui s'allonge clairement) et la base de l'inflorescence terminale, en cm (fig. 1).

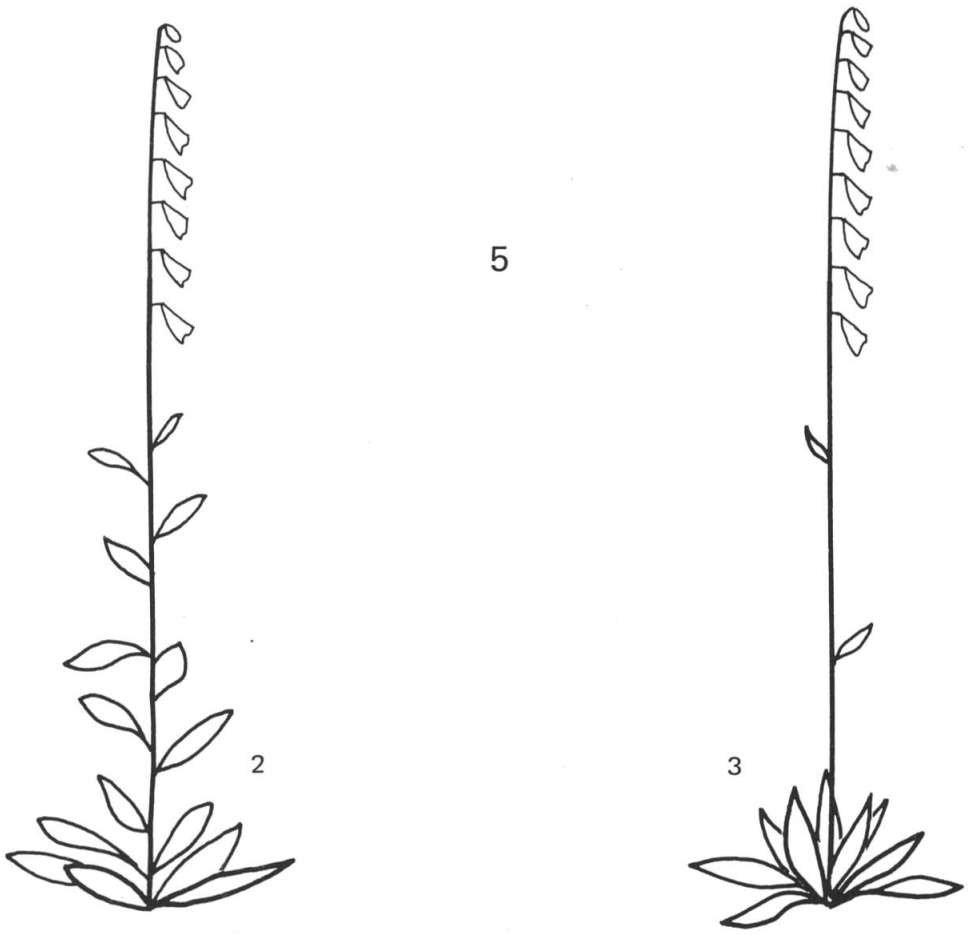

Fig. 3. — Caractère relatif à la tige (5). Les petits chiffres correspondent au codage des différents états.

Car. 7. — Nombre d'entre-nœuds dans la partie de la tige entre la rosette et la base de l'inflorescence terminale, compté du premier entre-nœud clairement allongé jusqu'à celui situé sous la première bractée (fig. 1).

Car. 8. — Rapport entre la hauteur de la tige (au dessus de la rosette jusqu'à la base de l'inflorescence terminale) et le nombre d'entre-nœuds dans cette partie.

Feuilles de la tige

Une étude préliminaire a montré que les caractéristiques de forme se manifestent particulièrement au niveau des feuilles basales de la tige. Les feuilles supérieures sont atténuées et de plus en plus semblables. D'autre part, chez certaines digitales, comme par exemple chez le *Digitalis thapsi* L., les premières feuilles basales sont parfois fanées au moment de la floraison. De ce fait, elles se révèlent inutilisables pour l'analyse numérique. Par conséquent, l'observation des caractères foliaires s'est faite sur les feuilles du deuxième quart de la tige proprement dite (voir p. 345). Ceci permet de garantir l'homogénéité de la prise de données. Tous les caractères des feuilles, quantitatifs aussi bien que qualitatifs, ont été examinés sur cette partie de la hampe florale.

Car. 9. — Ondulation de la marge. Ce caractère a été observé sur du matériel frais. Nous avons distingué trois états différents, codés ainsi:

2 = nulle;
3 = faible;
4 = accentuée.

Car. 10. — Indentation de la marge. Une étude préliminaire a révélé une grande variabilité, de la marge sub-entière à dentée. Nous avons simplifié ce caractère en ne considérant que la marge clairement dentée ou non. Par ailleurs, le caractère d'une marge dentée a été décrit comme significatif dans la diagnose du *Digitalis amandiana* Samp. (SAMPAIO, 1905). Pour les définitions, nous nous référons à STEARN (1973). Ce caractère a donc été codé ainsi:

2 = marge non dentée (marge sub-entière ou crenelée);
3 = marge dentée.

Car. 11 à car. 19. — Le prochain groupe de caractères concerne les dimensions de la feuille et leurs rapports. La limite entre le pétiole et le limbe de la feuille est définie comme l'endroit où la marge de la feuille se développe, soit lorsqu'une première crénelure, ou une première dent, apparaît visiblement (fig. 4).

Pour des raisons pratiques, les mesures de longueur et largeur ont été faites à la règle. L'aire de la surface du limbe des feuilles et son périmètre ont été mesurés au moyen d'un analyseur de surface automatique "Videoplan" (AESCHIMANN & al., 1981). Toutes les mesures ont été faites sur 1 à 4 feuilles.

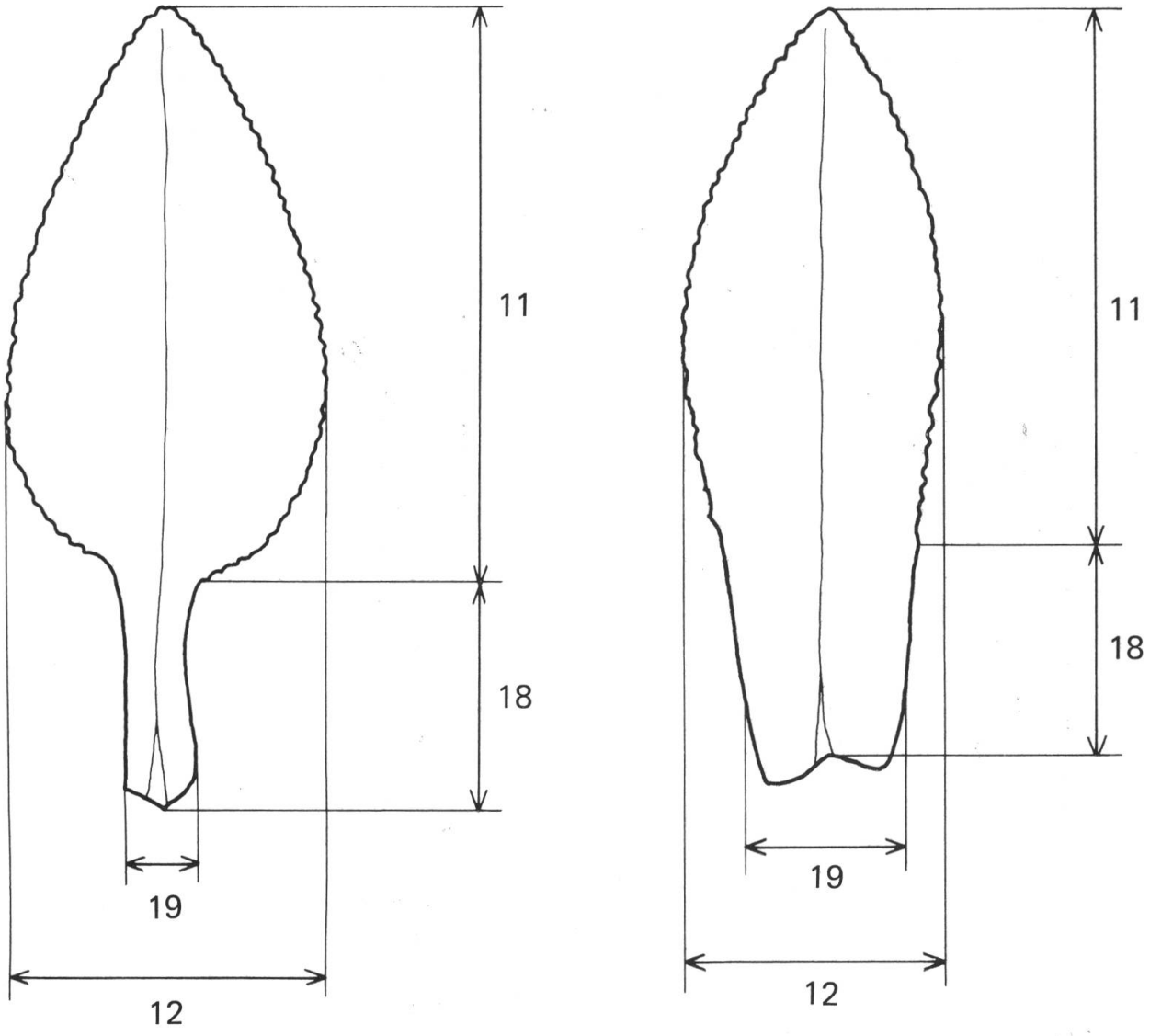

Fig. 4. — Caractères relatifs à la surface foliaire. Deux formes de feuilles très différentes sont illustrées. Les grands chiffres correspondent aux caractères.

Car. 11. — Longueur du limbe, en mm.

Car. 12. — Largeur maximale du limbe, en mm.

Car. 13. — Rapport entre la longueur et la largeur maximale du limbe.

Car. 14. — Position de la largeur maximale sur la longeur du limbe.

Car. 15. — Aire du limbe, en mm^2.

Car. 16. — Périmètre du limbe, en mm.

Car. 17. — Rapport entre l'aire et le périmètre du limbe, en mm.

Car. 18. — Longueur du pétiole, en mm.

Car. 19. — Largeur du pétiole, en mm.

Car. 20. — Pétiole décurrent. Ce caractère est classique pour l'identification du *Digitalis thapsi*. Il tient compte de la naissance du pétiole sur la tige (fig. 5), codé de la façon suivante:

2 = pétiole non décurrent;
3 = pétiole décurrent.

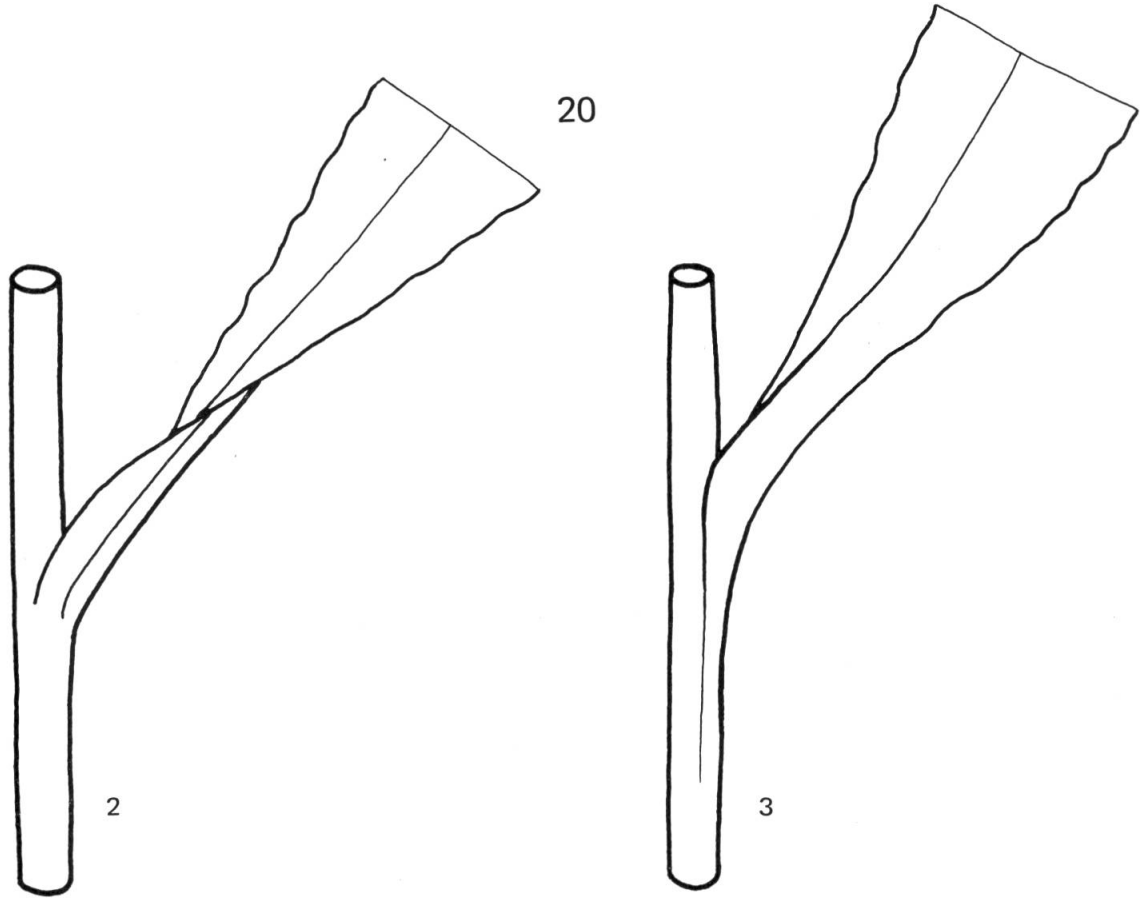

Fig. 5. — Caractère relatif au pétiole (20). Les petits chiffres correspondent au codage des différents états.

Inflorescence

L'inflorescence des digitales est constituée d'une grappe. Sous la grappe terminale, des inflorescences latérales peuvent parfois se développer. Hormis le caractère 24 (nombre d'inflorescences latérales), l'ensemble des caractères floraux a été observé sur la grappe terminale.

Comme nous l'avons évoqué plus haut, la définition des caractères de l'inflorescence nous a confronté au problème clef de l'état phénologique différent des échantillons. Au début de la floraison, l'inflorescence n'a pas encore atteint sa taille réelle; les fleurs en anthèse ne se trouvent que dans la partie inférieure de la grappe terminale et leur nombre total n'est pas facile à apprécier. En revanche, vers la fin de la floraison, seule la partie supérieure est en fleur; les fruits se développent progressivement à partir de la base et les pédoncules s'allongent considérablement. Par ailleurs, la taille des bractées diminue graduellement du bas vers le haut de l'inflorescence.

Il semblerait donc important de n'examiner que les inflorescences qui ont déjà atteint leur dimension maximale et qui ont été cueillies à des stades de développement comparables. Cependant, un tel procédé réduit l'éventail des échantillons qui peuvent être utilisés. Nous avons alors préféré renoncer à une telle précision de la prise de données, au profit d'un échantillonnage plus large.

Donc, les caractères 26 à 28 (longueurs des entre-nœuds, de la bractée et du pédoncule) ont été observés à mi-hauteur de la grappe terminale (car. 21). Selon le stade de développement, ceci représente la moitié exacte de la grappe (fin de floraison), ou un niveau inférieur plus ou moins proche à la partie médiane de l'inflorescence terminale (début de floraison).

Les caractères de la fleur elle-même, du calice et de la corolle, ont été observés au hasard dans l'inflorescence terminale, selon leur disponibilité. Par ce fait nous négligeons sciemment une différence éventuelle des dimensions des fleurs entre la base et l'extrémité de la grappe. Quant aux capsules, elles ont été mesurées dans la partie basale de l'inflorescence terminale.

Car. 21. — Hauteur de l'inflorescence terminale, en cm (fig. 1).

Car. 22. — Rapport de la hauteur de l'inflorescence terminale à la hauteur totale de la plante (rapport entre car. 3 et car. 21).

Car. 23. — Inflorescence terminale unilatérale. Ce caractère, évident sur le terrain, mais difficile à apprécier en herbier, a été observé sur place.

2 = non;
3 = oui.

Car. 24. — Ramification de l'inflorescence: nombre de grappes latérales (fig. 1).

Car. 25. — Nombre total de fleurs de l'inflorescence terminale. Cette valeur a été obtenue en comptant les bractées, plus reconnaissables que les fleurs lorsque les bourgeons floraux sont encore minuscules (fig. 1).

Car. 26. — Moyenne des longueurs de 3 entre-nœuds (en mm) mesurées dans la partie médiane de l'inflorescence terminale. Dans le cas d'une grappe très courte avec peu de fleurs nous n'avons parfois considéré que la longueur de 2 entre-nœuds (fig. 6).

Bractée et pédoncule

Car. 27 et car. 28. — Longueur de la bractée et du pédoncule correspondant (en mm), mesurée dans la partie médiane de l'inflorescence terminale. La longueur du pédoncule n'a été mesurée que sur un pédoncule ayant porté une fleur en anthèse ou fanée, et dont le développement de la capsule n'avait pas encore commencé (fig. 6).

Car. 29. — Rapport de longueur entre la bractée et le pédoncule correspondant (car. 27/car. 28).

Car. 30. — Type du pédoncule. Nous avons distingué trois états différents, définis ainsi (fig. 7):

3 = pédoncule récourbé-dressé;
4 = pédoncule dressé lorsque l'angle entre la tige et le pédoncule est inférieur à 45°;
5 = pédoncule étalé lorsque l'angle entre la tige et le pédoncule dépasse 45°.

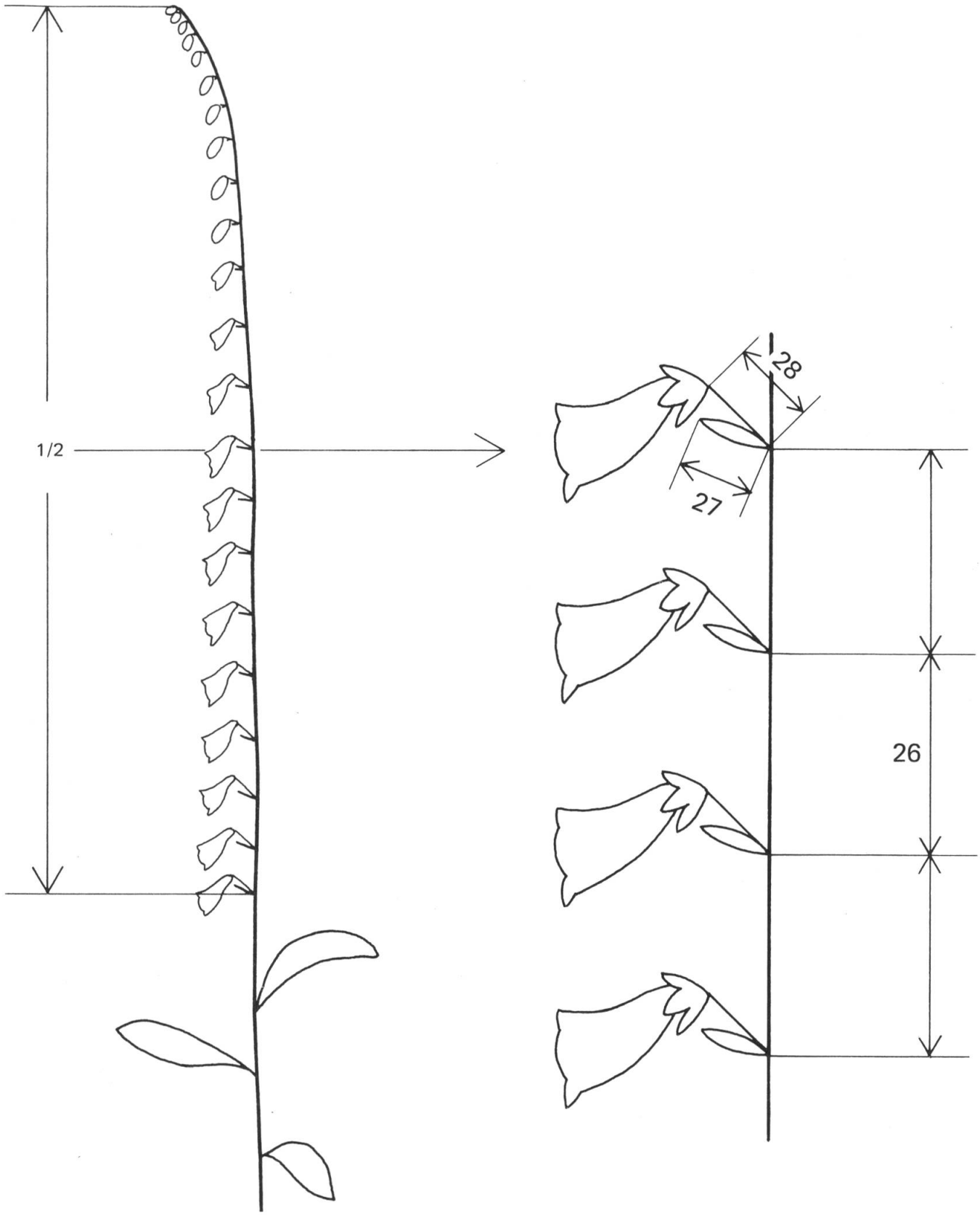

Fig. 6. — Caractères relatifs à l'inflorescence (26 à 28). Les grands chiffres correspondent aux caractères.

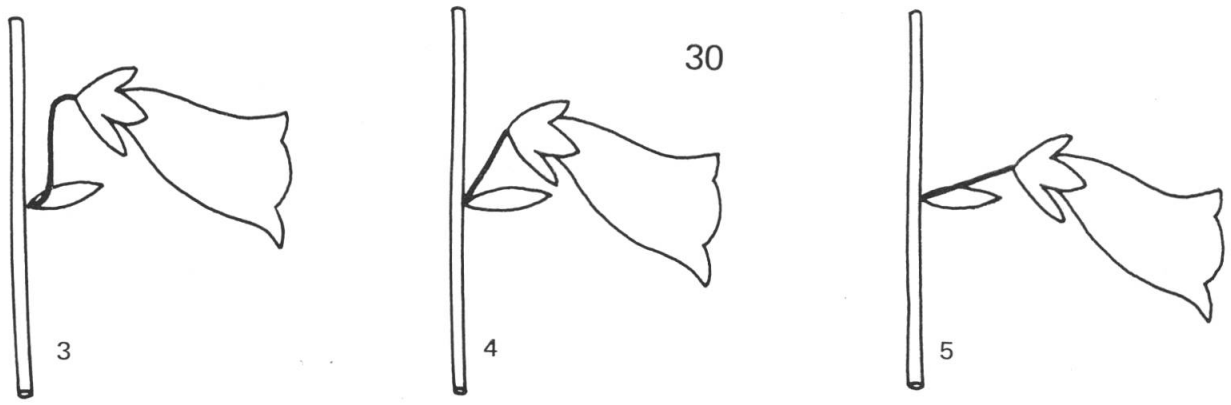

Fig. 7. — Caractère relatif au pédoncule (30). Les petits chiffres correspondent au codage des différents états.

Calice

Car. 31. — Position du calice par rapport à la corolle pendant la floraison. Difficile à apprécier en herbier, ce caractère a été observé sur le terrain. Nous avons retenus trois états (fig. 8):

3 = calice appliqué;
4 = calice légèrement décollé;
5 = calice étalé.

Car. 32. — Intensité de la pigmentation anthocyanique. Ce caractère a été défini et codé de la même manière que la pigmentation de la tige (car. 4):

2 = nulle;
3 = faible;
4 = intense.

Car. 33. — Extrémité des sépales latéraux, définie selon la glossologie traditionnelle (fig. 8):

3 = aigu;
4 = obtus.

Compte tenu de la faible zygomorphie du calice, formé de 5 sépales, nous avons distingué les sépales latéraux du sépale supérieur, celui-ci étant souvent plus étroit et plus court. Les 2 sépales inférieurs n'ont pas été observés.

Car. 34 à car. 38. — Ce groupe de 5 caractères représente les dimensions générales du calice, longueur et largeur maximale et leur rapport, prises au niveau des sépales latéraux. La longueur du sépale supérieur a été mesurée séparément, permettant d'apprécier le degré de zygomorphie du calice. Cette valeur est obtenue par le rapport de la longueur des sépales latéraux à celle du sépale supérieur (fig. 8).

Car. 34. — Longueur des sépales latéraux, en mm.

Car. 35. — Largeur des sépales latéraux, en mm.

Car. 36. — Rapport entre la longueur et la largeur des sépales latéraux.

Car. 37. — Longueur du sépale supérieur, en mm.

Car. 38. — Rapport de longueur entre les sépales latéraux et le sépale supérieur.

Corolle

D'après les études préliminaires, la corolle est d'une importance décisive pour la délimination des espèces ou "petites-espèces" à l'intérieur de l'agrégat *Digitalis purpurea*. De manière à faciliter l'observation de plusieurs caractères de la corolle, organe très délicat et souvent difficile à examiner

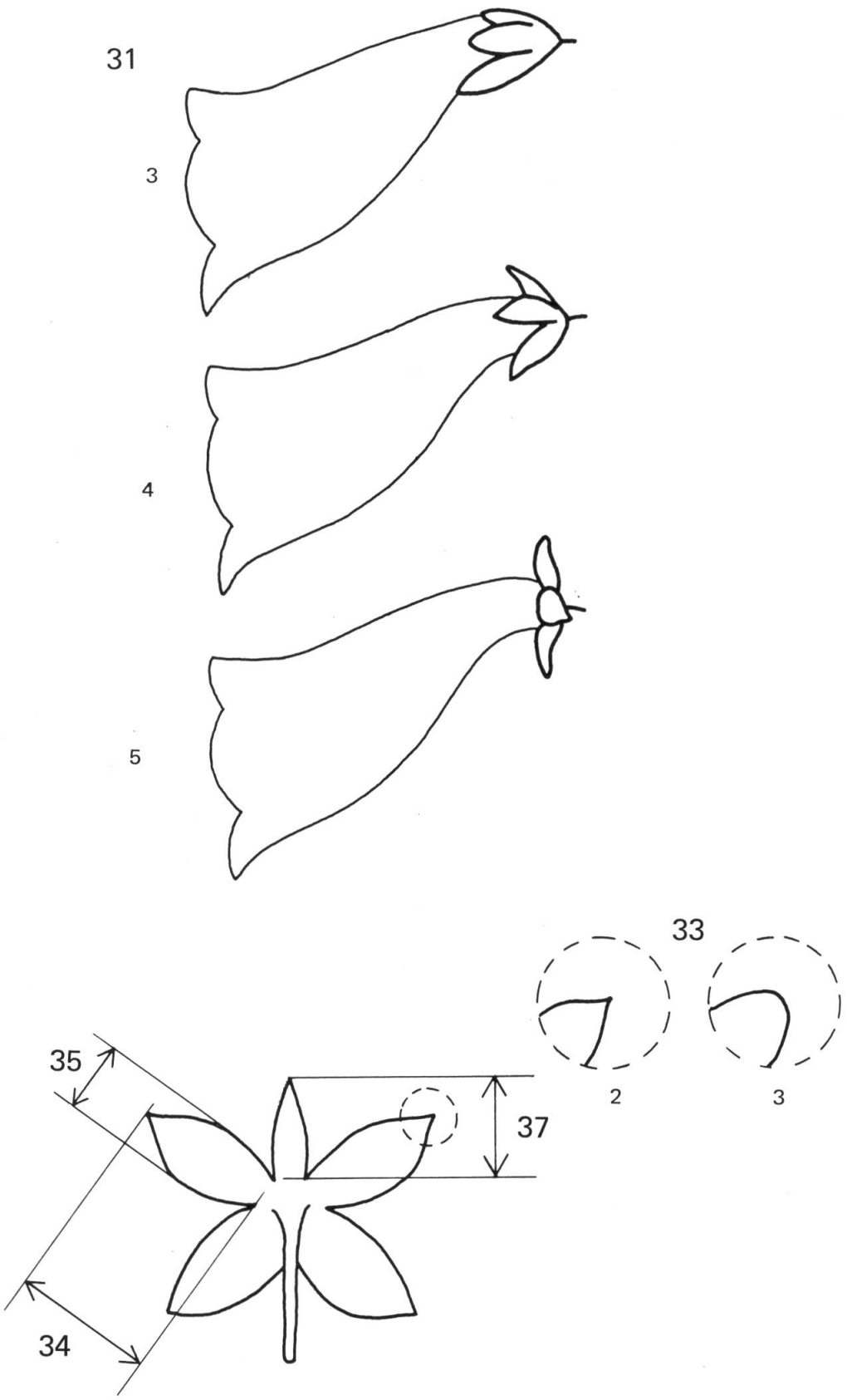

Fig. 8. — Caractères relatifs au calice (31, 33, 34, 35 & 37). Les grands chiffres correspondent aux caractères, les petits au codage des différents états.

sur les échantillons d'herbier, nous avons enlevé 2 fleurs en anthèse de l'inflorescence terminale. Elles ont été coupées, une longitudinalement, l'autre transversalement, et séchées séparément. L'observation des caractères importants, comme l'ornementation de la corolle ou la forme de la lèvre supérieure, est ainsi possible.

Car. 39. — Forme de la corolle: tube subitement rétréci vers la base de la corolle. Les deux états de ce caractère ont été codés ainsi (fig. 9):

2 = non (tube graduellement rétréci);
3 = oui (tube subitement rétréci).

Car. 40. — Couleur de la corolle. Il est évident que ce caractère a dû être observé sur le matériel frais. Mises à part quelques couleurs clairement reconnaissables comme le blanc (formes albiflores et *Digitalis heywoodii* Pinto da Silva & M. Silva) et le jaune (*Digitalis mariana* Boiss.) nous avons distingué un certain nombre de nuances dans les pourpres, en utilisant comme référence la carte de couleurs n° 11 de BIESALSKI (1957) spécialement conçue pour les gradations de couleur des digitales pourpres. Pour le codage de ces nuances nous n'avons retenu que celles faciles à distinguer. Les lettres majuscules correspondent à la carte citée.

La couleur de la corolle a été observée sur la face supérieure du tube à proximité du calice:

2 = entièrement blanche lorsqu'il s'agit des corolles albiflores, c'est-à-dire sans aucune pigmentation;
3 = blanchâtre lorsque la corolle est blanche, mais par endroits légèrement teintée de rose;
4 = jaunâtre; de même les fleurs jaunes peuvent être légèrement teintées de rose par endroits;
5 = A et B,
6 = C;
7 = D;
8 = J et Q;
9 = K;
10 = R;
11 = E;
12 = L.

Car. 41 et car. 42. — Ornementation de la corolle. La ponctuation dans la gorge de la corolle est typique de l'agrégat *Digitalis purpurea*. Elle le sépare clairement des autres espèces du genre. Néanmoins cette ornementation n'est pas uniforme dans tout l'agrégat, mais montre une progression à partir de petits points séparés, jusqu'aux grandes taches pourpres entourées d'auréoles blanches plus ou moins fusionées.

L'ornementation de la corolle a donné lieu à deux observations séparées. Un premier caractère traite de la grandeur des points, un deuxième indique la nature des auréoles. Soulignons en outre que les caractéristiques de la ponctuation sont prises à l'entrée de la gorge plutôt qu'au fond du tube.

Car. 41. — Grandeur des points sur la face ventrale de la corolle. Les états de ce caractère ont été choisis après découpage en classes de tailles des points (fig. 11):

2 = nuls;
3 = minuscules;
4 = petits, l'ensemble des points a un diamètre inférieur à 1 mm;
5 = moyens, le diamètre des points dépasse en général 1 mm;
6 = grands, quelques points ont un diamètre qui dépasse 2 mm.

Car. 42. — Nature des auréoles blanches entourant les points. Les états suivants ont été distingués (fig. 11):

2 = nulles;
3 = auréoles individualisées autour des points;
4 = auréoles partiellement fusionées;
5 = auréoles complètement fusionées en une large plaque blanche.

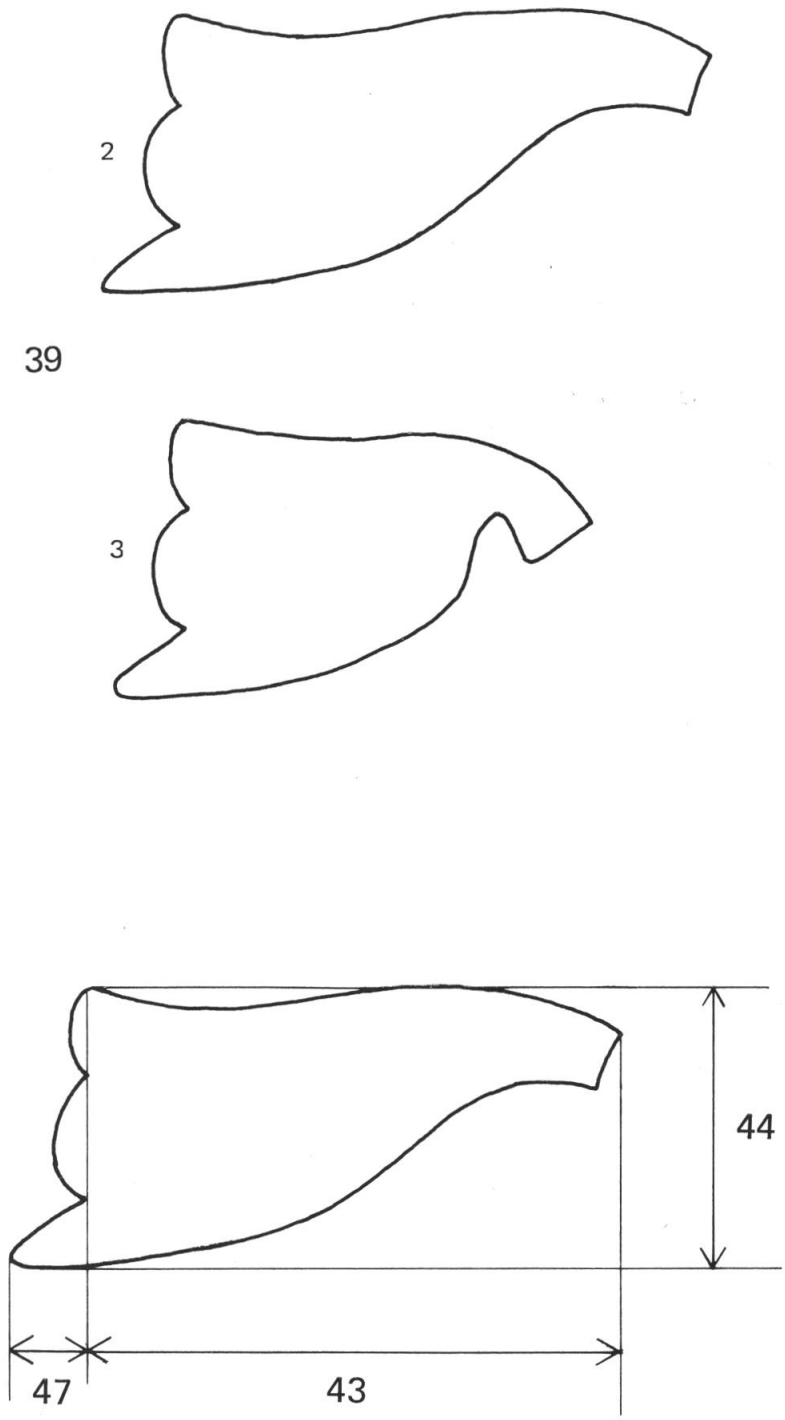

Fig. 9. — Caractères relatifs à la corolle (39, 43, 44, 47). Les grands chiffres correspondent aux caractères, les petits au codage des différents états.

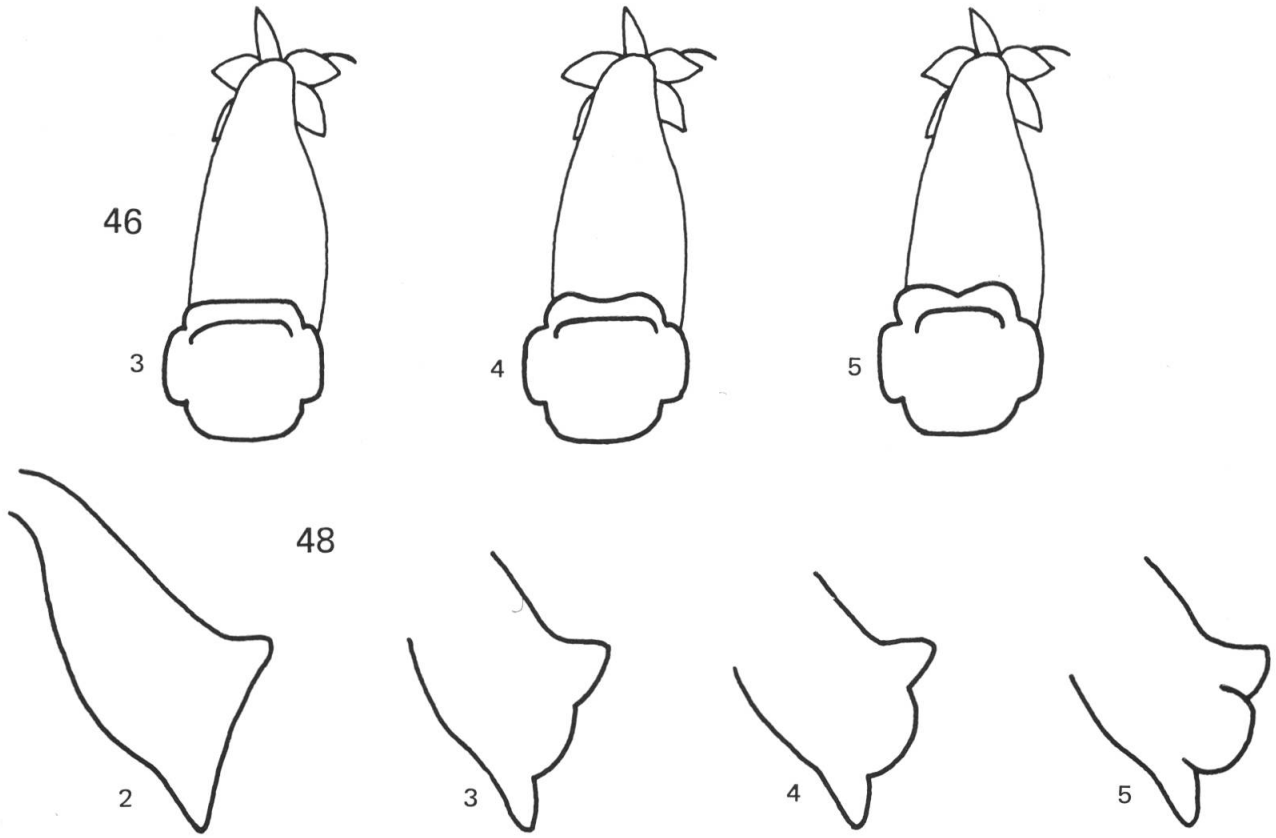

Fig. 10. — Caractères relatifs à la corolle (46, 48). Les grands chiffres correspondent aux caractères, les petits au codage des différents états.

Car. 43 à car. 45. — Dimensions réelles du tube (en mm) et leur rapport. Les mesures ont été prises comme indiqué sur le schéma, en considérant que le tube s'étend jusqu'au développement des lèvres (fig. 9).

Car. 46. — Forme de la lèvre supérieure. Les trois états du caractère ont été codés de la manière suivante (fig. 10):

3 = lèvre supérieure entière;
4 = deux lobes légèrement indiqués;
5 = deux lobes bien marqués.

Car. 47. — Longueur de la lèvre inférieure, en mm (fig. 9).

Car. 48. — Développement des pétales latéraux. Analogue à la lèvre supérieure, les pétales latéraux montrent une progression de développement. Quatre états sont facilement discernables (fig. 10). Ils ont été codés ainsi:

2 = nul;
3 = légèrement indiqués;
4 = bien développés;
5 = lobes découpés.

Capsule

Les fruits des digitales pourpres sont des capsules formées des 2 carpelles qui s'ouvrent par 4 fentes de déhiscence. Afin d'éviter que l'analyse numérique soit faussée par une grande série d'échantillons où les données des capsules manqueraient, nous avons décidé de traiter séparément les caractères des capsules.

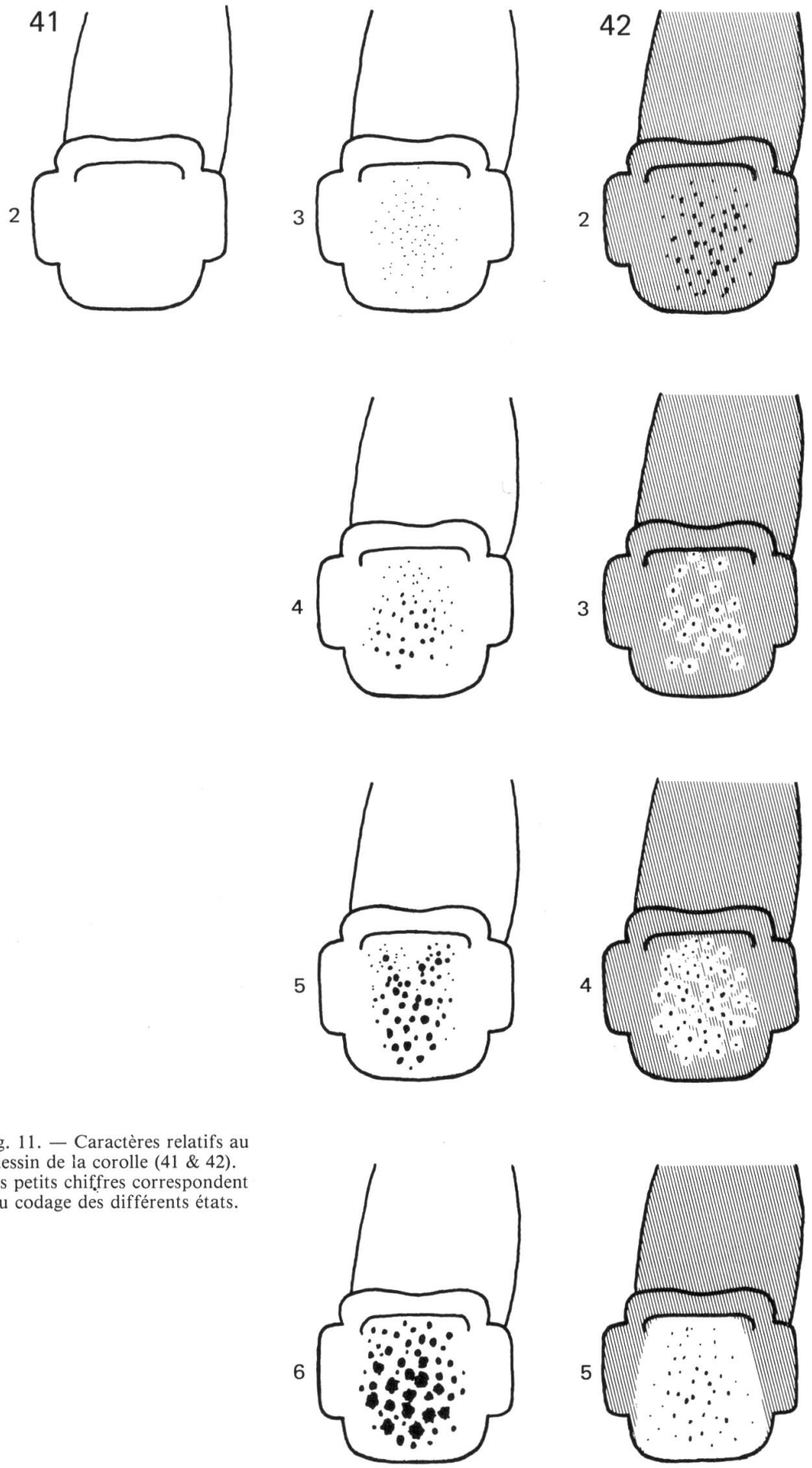

Fig. 11. — Caractères relatifs au dessin de la corolle (41 & 42). Les petits chiffres correspondent au codage des différents états.

De même les graines font l'objet d'une étude séparée au microscope électronique à balayage.

Les caractères suivants ont été observés sur des capsules mûres, à la base de l'inflorescence terminale.

Car. 49. — Dépassement de la capsule hors du calice. Ce caractère définit de façon codée le rapport de la capsule avec le calice:

3 = capsule nettement plus courte que le calice;
4 = capsule et calice de même longueur;
5 = capsule nettement plus longue que le calice.

Car. 50 à car. 52. — Dimensions générales de la capsule: longueur (en mm), largeur maximale (en mm) et leur rapport (fig. 12).

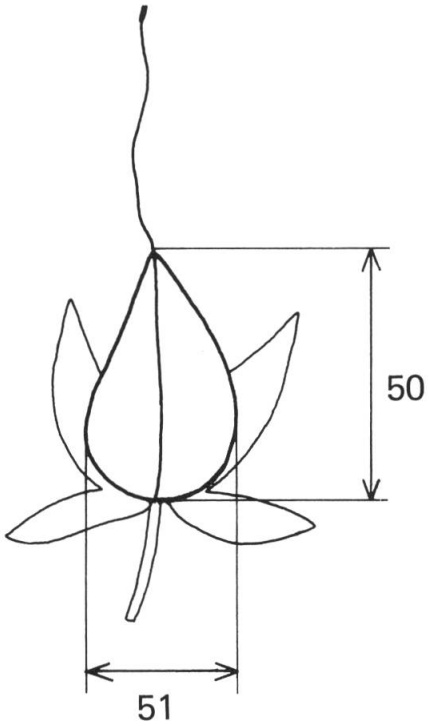

Fig. 12. — Caractères relatifs à la capsule (50 & 51). Les grands chiffres correspondent aux caractères.

Pilosité

La pilosité des digitales est plus ardue à observer que les caractères précédents, mais semble cependant être d'une grande importance pour la délimitation des différents composants de l'agrégat *D. purpurea*. En raison de l'importance supposée des poils, nous avons préféré regrouper tous les caractères les concernant en fin de liste. Sur un échantillonnage géographiquement représentatif d'environ 60 plantes, nous avons analysé la pilosité des digitales en tenant compte des diagnoses originales et des travaux de FONT QUER (1925), MARTINEZ-MARTINEZ (1931) et WERNER (1965). Nous avons ainsi choisi un certain nombre de caractères et défini les différents états à observer.

En général nous avons retenu plusieurs caractères de pilosité, notamment la proportion de poils glanduleux, la longueur des poils glanduleux et la longueur des poils sans glandes. Ces caractères ont été analysés sur la tige, les feuilles, l'inflorescence et le calice. L'analyse a été simplifiée pour la corolle. En tenant compte de la diagnose du *D. gyspergerae* Rouy (ROUY, 1903), la densité de la pilosité du style a été particulièrement observée.

Plante entière

Car. 53. — Intensité de l'empreinte jaune sur un papier buvard. Ce caractère donne un reflet de la densité de poils glanduleux. En ajoutant un papier buvard supplémentaire au moment de la mise en presse de la plante, il nous a été possible d'observer plusieurs nuances de l'intensité de l'empreinte, variant d'une copie fidèle toute jaune de la plante *(D. thapsi)* à l'absence de trace jaune sur le papier *(D. purpurea)*. Les cas intermédiaires peuvent éventuellement permettre de déceler des cas d'introgression entre ces deux taxons. Les différents états ont été choisis après découpage en classes des nuances rencontrées et codés comme suit:

2 = nulle;
3 = empreinte faible de l'inflorescence seulement;
4 = empreinte faible de toute la plante;
5 = empreinte moyenne de toute la plante;
6 = empreinte intense de toute la plante.

Tige

La pilosité de la tige a été mesurée au niveau du second quart inférieure de la tige proprement dite (voir p. 345). La pilosité de la tige est définie par 3 caractères.

Car. 54. — Proportion de poils glanduleux sur la tige. Les états suivants ont été distingués:

2 = nulle, lorsque la tige est glabre ou ne porte que de poils sans glandes;
3 = majorité de poils sans glandes, mais présence de quelques poils glanduleux;
4 = poils sans glandes et glanduleux en proportion identique;
5 = majorité de poils glanduleux avec présence de quelques poils sans glandes;
6 = poils glanduleux uniquement.

Car. 55. — Longueur des poils glanduleux:

2 = nuls;
4 = poils courts (inférieurs à 0.2 mm);
8 = poils moyens (compris entre 0.2 et 0.4 mm);
16 = poils longs (supérieurs à 0.4 mm);
avec les codes sommatifs lorsque deux ou trois types de poils sont présents.

Car. 56. — Longueur des poils sans glandes:

2 = nuls;
3 = poils très courts (inférieurs à 0.4 mm);
4 = poils courts (compris entre 0.4 et 0.8 mm);
5 = poils moyens (compris entre 0.8 et 1.2 mm);
6 = poils longs (compris entre 1.2 et 2.0 mm);
7 = poils très longs (supérieurs à 2.0 mm).

Feuilles

La pilosité a été observée sur la face inférieure des feuilles en reprenant celles déjà analysées pour d'autres caractères. Les caractères de pilosité des feuilles ont été définis et codés de la même manière que pour la tige.

Car. 57. — Proportion de poils glanduleux:

2 = nulle;
3 = majorité de poils sans glandes, mais présence de quelques poils glanduleux;
4 = poils sans glandes et glanduleux en proportion identique;
5 = majorité de poils glanduleux avec présence de quelques poils sans glandes;
6 = poils glanduleux uniquement.

Car. 58. — Longueur des poils glanduleux:

2 = nuls;
4 = poils courts (inférieurs à 0.2 mm);
8 = poils moyens (compris entre 0.2 et 0.4 mm);

16 = poils longs (supérieurs à 0.4 mm);
avec les codes sommatifs lorsque deux ou trois types de poils sont présents.

Car. 59. — Longueur des poils sans glandes:

2 = nuls;
3 = poils très courts (inférieurs à 0.4 mm);
4 = poils courts (compris entre 0.4 et 0.8 mm);
5 = poils moyens (compris entre 0.8 et 1.2 mm);
6 = poils longs (compris entre 1.2 et 2.0 mm);
7 = poils très longs (supérieurs à 2.0 mm).

Inflorescence

Les caractères de pilosité ont été observés au milieu de la grappe terminale de l'inflorescence. Ils ont été également définis et codés de la même manière que ceux de la tige et des feuilles.

Car. 60. — Proportion de poils glanduleux:

2 = nulle;
3 = majorité de poils sans glandes, mais présence de quelques poils glanduleux;
4 = poils sans glandes et glanduleux en proportion identique;
5 = majorité de poils glanduleux avec présence de quelques poils sans glandes;
6 = poils glanduleux uniquement.

Car. 61. — Longueur des poils glanduleux:

2 = nuls;
4 = poils courts (inférieurs à 0.2 mm);
8 = poils moyens (compris entre 0.2 et 0.4 mm);
16 = poils longs (supérieurs à 0.4 mm);
avec les codes sommatifs lorsque deux ou trois types de poils sont présents.

Car. 62. — Longueur des poils sans glandes:

2 = nuls;
3 = poils très courts (inférieurs à 0.4 mm);
4 = poils courts (compris entre 0.4 et 0.8 mm);
5 = poils moyens (compris entre 0.8 et 1.2 mm);
6 = poils longs (compris entre 1.2 et 2.0 mm);
7 = poils très longs (supérieurs à 2.0 mm).

Calice

La pilosité sur la face extérieure du calice est définie par les mêmes caractères que celle des organes précédents. Cependant, les états du caractère "longueur des poils sans glandes" ont été modifiés car les poils du calice sont généralement plus courts que ceux de la tige, des feuilles et de l'inflorescence.

Car. 63. — Proportion de poils glanduleux:

2 = nulle;
3 = majorité de poils sans glandes, mais présence de quelques poils glanduleux;
4 = poils sans glandes et glanduleux en proportion identique;
5 = majorité de poils glanduleux avec présence de quelques poils sans glandes;
6 = poils glanduleux uniquement.

Car. 64. — Longueur des poils glanduleux:

2 = nuls;
4 = poils courts (inférieurs à 0.2 mm);
8 = poils moyens (compris entre 0.2 et 0.4 mm);
16 = poils longs (supérieurs à 0.4 mm);
avec les codes sommatifs lorsque deux ou trois types de poils sont présents.

Car. 65. — Longueur des poils sans glandes:

2 = nuls;
3 = poils courts (inférieurs à 0.4 mm);
4 = poils moyens (compris entre 0.4 et 0.8 mm);
5 = poils longs (supérieurs à 0.8 mm).

Corolle

La pilosité de la corolle n'est définie que par un seul caractère, la pilosité sur la face extérieure du tube de la corolle.

Car. 66. — Pilosité du tube, codée de façon suivante:

2 = glabre (quelques poils glanduleux très courts peuvent être présents);
3 = poilu.

Style

Pour le style nous n'avons aussi retenu qu'un seul caractère, la pilosité le long de sa longueur.

Car. 67. — Pilosité du style, codée ainsi:

2 = glabre;
3 = style poilu à la base;
4 = style poilu jusqu'à la moitié;
5 = style poilu au dessus de la moitié.

Méthodes et programmes de l'analyse numérique

Sur l'ensemble des 67 caractères morphologiques retenus pour le traitement informatique, 33 sont des caractères à plusieurs états, 21 sont mesurés, 4 sont le résultat de comptages et 9 sont des rapports. Pour les observations écologiques, 14 paramètres sont codés, dont 5 proviennent d'estimations en %, regroupées en classes.

La matrice des données originales est donc une matrice hétérogène, composée de variables quantitatives et qualitatives. Lors du codage des caractères qualitatifs nous avons adopté la convention suivante:

0 = information absente;
1 = information présente, mais dans un état ne permettant pas sa codification;
2 = caractère non présent.

Prenons comme exemple le caractère 41 "Grandeur des points sur la face ventrale de la corolle":

Car. 41 codé 0 = l'échantillon ne possède pas de fleurs bien ouvertes;
Car. 41 codé 1 = l'échantillon possède des fleurs bien ouvertes, mais dans un état ne permettant pas l'observation de l'ornementation;
Car. 41 codé 2 = les fleurs de l'échantillon dans un état convenable, n'ont pas de points sur la face ventrale de la corolle.

Lors d'états intermédiaires d'un caractère, par exemple la longueur des poils glanduleux, nous avons utilisé la somme des deux états.

L'organigramme de l'étude numérique est identique à celui proposé précédemment (AESCHIMANN & al., 1981; MASCHERPA, 1976).

Liste des paramètres écologiques soumis au traitement informatique

Paramètre 1 altitude, en m ..... ALTI

Paramètre 2 topographie ..... TOPO
3: plaine ou plateau; 4: versant maritime; 5: versant montagneux; 6: col; 7: sommet; 8: vallée; 9: gorge ou vallon

Paramètre 3 pente ..... PENT
2: plat; 3: légèrement incliné; 4: moyennement incliné; 5: raide; 6: escarpé ou surplombant

Paramètre 4 exposition ..... EXPO
2: terrain plat; 3: N; 4: NE; 5: E; 6: SE; 7: S; 8: SW; 9: W; 10: NW

Paramètre 5 substrat géologique ..... GEOL
3: quartzite, grès quartzitique; 4: grauwacke; 5: granite s.l.; 6: pelite siliceuse, micaschiste à quartz; 7: pelite classique; 8: argilite , schiste bleu, micaschiste sans quartz; 9: syenite; 10: roche siliceuse mixte; 11: calcaire, calcaire dolomitique

Paramètre 6 réaction HCL ..... HCL
2: réaction négative; 3: réaction positive

Paramètre 7 acidité du sol, pH ..... PH
valeur pure

Paramètre 8 recouvrement des éléments squelletiques ..... SQUE
2: inférieur à 5%; 3: compris entre 5 et 25%; 4: compris entre 25 et 50%; 5: compris entre 50 et 75%, 6: compris entre 75 et 100%; 7: 100%

Paramètre 9 sous-sol stabilisé ..... STAB
2: en éboulement; 3: stabilisé

Paramètre 10 type de végétation ..... VEGE
3: forêt de conifères, hêtraie, chataîgneraie; 4: forêt d'eucalyptus; 5: subéraie; 6: chênaie; 7: maquis; 8: garrigue; 9: lande; 10: rançeraie; 11: ptéridaie; 12: prairie; 13: végétation rudérale; 14: hautes herbes au bord de ruisseau; 15: végétation d'éboulis; 16: végétation saxicole

Paramètre 11 recouvrement de la strate arborescente ..... ARBO
2: digitale isolée; 3: inférieur à 5%; 4: compris entre 5 et 25%; 5: compris entre 25 et 50%; 6: compris entre 50 et 75%; 7: supérieur à 75%

Paramètre 12 recouvrement de la strate arbustive ..... ARBU
2: digitale isolée; 3: inférieur à 5%; 4: compris entre 5 et 25%; 5: compris entre 25 et 50%; 6: compris entre 50 et 75%; 7: supérieur à 75%

Paramètre 13 recrouvement de la strate herbacée..... HERB
2: digitale isolée; 3: inférieur à 5%; 4: compris entre 5 et 25%; 5: compris entre 25 et 50%; 6: compris entre 50 et 75%; 7: supérieur à 75%

Paramètre 14 impact humain ..... IMPA
2: station naturelle; 3: talus des voies de communication; 4: coupe; 5: prairie; 6: pâturage; 7: culture; 8: décombres, maçonnerie, pavage; 9: station incendié

Liste des caractères morphologiques soumis au traitement informatique

Longévité

Caractère 1 longévité ..... LONG
2: bisannuelle ou jeune; 3: pérennante

Souche

Caractère 2 cespitosité apparente: nombre de hampes florales ..... S.RA
valeur entière

Tige

Caractère 3 hauteur totale de la hampe florale, en cm ..... T.HA

Caractère 4 intensité de la pigmentation anthocyanique de la tige ..... T.AN
2: nulle; 3: faible; 4: intense

Caractère 5 feuilles toutes contractées en rosette basale ..... T.CO
2: non; 3: oui

Caractère 6 hauteur de la tige entre la rosette et l'inflorescence terminale, en cm ... T.RO

Caractère 7 nombre d'entre-nœuds entre la rosette et l'inflorescence terminale ..... T.NO
valeur entière

Caractère 8 rapport entre la hauteur de la tige entre la rosette et l'inflorescence et le nombre d'entre-nœuds: car. 6/car. 7 ..... T.R/
valeur pure

Feuilles de la tige

Caractère 9 ondulation des marges de la feuille ..... F.ON
2: nulle; 3: faible; 4: accentuée

Caractère 10 indentation de la marge..... F.MA
2: marge non dentée; 3: marge dentée

Caractère 11 longueur, en mm ..... F.LO

Caractère 12 largeur maximale, en mm ..... F.LA

Caractère 13 rapport entre la longueur et la largeur maximale: car. 11/car. 12..... F.L/
valeur pure

Caractère 14 position de la largeur maximale sur la longueur ..... F.PO
valeur entre 0 et 1

Caractère 15 aire de la surface, en mm^2 ..... F.AI

Caractère 16 périmètre de la surface, en mm ..... F.PE

Caractère 17 rapport entre l'aire de la surface et le périmètre: car. 15/car. 16, en mm F.A/

Caractère 18 longueur du pétiole, en mm ..... FPLO

Caractère 19 largeur du pétiole, en mm ..... FPLA

Caractère 20 pétiole décurrent..... FPDE
2: non; 3: oui

Inflorescence

Caractère 21 hauteur de l'inflorescence terminale, en cm ..... I.HA

Caractère 22 rapport entre la hauteur totale de la hampe florale et celle de l'inflorescence terminale: car. 3/car. 21 ..... I.H/
valeur pure

Caractère 23 inflorescence unilatérale ..... I.UN
2: non; 3: oui

Caractère 24 ramification de l'inflorescence: nombre de grappes latérales ..... I.RA
valeur entière

Caractère 25 nombre total de fleurs de l'inflorescence terminale ..... I.NO
valeur entière

Caractère 26 moyenne des longueurs de 3 entre-nœuds dans la partie médiane de l'inflorescence terminale, en mm ..... I.EN

Bractée et pédoncule

Caractère 27 longueur d'une bractée au milieu de l'inflorescence, en mm ..... IBLO

Caractère 28 longueur du pédoncule correspondant à la bractée, en mm ..... IPLO

Caractère 29 rapport de longueur entre la bractée et le pédoncule correspondant: car. 27/car. 28 ..... I.P/ *valeur pure*

Caractère 30 type du pédoncule ..... IPTY
3: récourbé-dressé, 4: dressé; 5: étalé

Calice

Caractère 31 position du calice par rapport à la corolle ..... CAPO
3: appliqué; 4: légèrement décollé; 5: étalé

Caractère 32 intensité de la pigmentation anthocyanique ..... CAAN
2: nulle, 3: faible; 4: intense

Caractère 33 extrémité des sépales latéraux ..... CAEX
3: aigu; 4: obtus

Caractère 34 longueur des sépales latéraux, en mm ..... CALO

Caractère 35 largeur des sépales latéraux, en mm ..... CALA

Caractère 36 rapport entre la longueur et la largeur des sépales latéraux: car. 34/car. 35 CAL/ *valeur pure*

Caractère 37 longueur du sépale supérieur, en mm ..... CASU

Caractère 38 rapport de longueur entre les sépales latéraux et le sépale supérieur: car. 34/car. 37 ..... CAS/ *valeur pure*

Corolle

Caractère 39 forme: tube subitement rétréci ..... C.FO
2: non; 3: oui

Caractère 40 couleur ..... C.CO
2: entièrement blanche; 3: blanchâtre; 4: jaunâtre; 5: A et B; 6: C; 7: D; 8: J et Q; 9: K; 10: R; 11: E; 12: L

Caractère 41 grandeur des points sur la face ventrale de la corolle ..... C.PO
2: nuls; 3: minuscules; 4: petits; 5: moyens; 6: grands

Caractère 42 auréoles blanches entourant les points ..... C.AU
2: nulles; 3: individualisées autour des points; 4: partiellement fusionées; 5: complètement fusionées en une large plaque blanche

Caractère 43 longueur du tube, en mm ..... C.LO

Caractère 44 largeur maximale du tube, en mm ..... C.LA

Caractère 45 rapport entre la longueur et la largeur maximale du tube: car. 43/car. 44 C.L/ *valeur pure*

Caractère 46 forme de la lèvre supérieure ..... C.SU
3: entière; 4: deux lobes légèrement indiqués, 5: deux lobes bien marqués

Caractère 47 longueur de la lèvre inférieure, en mm ..... C.IN

Caractère 48 développement des pétales latéraux ..... C.PE
2: nuls; 3: légèrement développés: 4: bien développés, 5: lobes découpés

Capsule

Caractère 49 dépassement de la capsule hors du calice ..... CPCA
3: capsule plus courte que le calice, 4: capsule et calice de même longueur; 5: capsule plus longue que le calice

Caractère 50 longueur, en mm ..... CPLO

Caractère 51 largeur maximale, en mm..... CPLA

Caractère 52 rapport entre la longueur et la largeur maximale: car. 50/car. 51 ..... CPL/
valeur pure

Pilosité

Hampe florale

Caractère 53 intensité de l'empreinte jaune ..... EJAU
2: nulle; 3: empreinte faible de l'inflorescence seulement; 4:empreinte faible de toute la plante; 5: empreinte moyennne de toute la plante; 6: empreinte intense de toute la plante

Tige

Caractère 54 proportion de poils glanduleux ..... TGLA
2: nulle; 3: majorité de poils sans glandes ; 4: poils sans glandes et glanduleux en proportion identique; 5: majorité de poils glanduleux; 6: poils glanduleux uniquement

Caractère 55 longueur des poils glanduleux ..... TPGL
2: nuls; 4: courts; 8: moyens; 16: longs

Caractère 56 longueur des poils sans glandes ..... TPOI
2: nuls; 3: très courts; 4: courts; 5: moyens; 6: longs; 7: très longs

Feuilles

Caractère 57 proportion de poils glanduleux ..... FGLA
2: nulle; 3: majorité de poils sans glandes; 4: poils sans glandes et glanduleux en proportion identique; 5: majorité de poils glanduleux; 6: poils glanduleux uniquement

Caractère 58 longueur des poils glanduleux ..... FPGL
2: nuls; 4: courts; 8: moyens; 16: longs

Caractère 59 longueur des poils sans glandes ..... FPOI
2: nuls; 3: très courts; 4: courts; 5: moyens, 6: longs; 7: très longs

Inflorescence

Caractère 60 proportion de poils glanduleux ..... IGLA
2: nulle; 3: majorité de poils sans glandes; 4: poils sans glandes et glanduleux en proportion identique; 5: majorité de poils glanduleux; 6: poils glanduleux uniquement

Caractère 61 longueur des poils glanduleux..... IPGL
2: nuls; 4: courts; 8: moyens; 16: longs

Caractère 62 longueur des poils sans glandes ..... IPOI
2: nuls; 3: très courts; 4: courts; 5: moyens; 6: longs; 7: très longs

Calice

Caractère 63 proportion de poils glanduleux ..... CAGL
2: nulle; 3: majorité de poils sans glandes; 4: poils sans glandes et glanduleux en proportion identique; 5: majorité de poils glanduleux; 6: poils glanduleux uniquement

Caractère 64 longueur des poils glanduleux ..... CAPG
2: nuls; 4: courts; 8: moyens; 16: longs

Caractère 65 longueur des poils sans glandes ..... CAPO
2: nuls; 3: courts; 4: moyens; 5: longs

Corolle

Caractère 66 pilosité du tube ..... CPUB
2: glabre; 3: poilu

Style

Caractère 67 pilosité du style ..... STYL
2: glabre; 3: poilu à la base; 4: poilu jusqu'à la moitié; 5: poilu au dessus de la moitié

Conclusion

Lors des dernières révisions taxonomiques entreprises dans notre institut (AESCHIMANN & al., 1981; JEANMONOD & MASCHERPA, 1982), l'analyse des données a surtout permis de mettre en évidence la relation entre certains caractères morphologiques et les groupements des différents taxons. Peu de résultats avaient été obtenus sur la liaison des caractères entre eux, parce que ces études n'en avaient pas ressenti la nécessité. Maintenant au contraire, la mise en corrélation des variables de qualités et de types différents devrait permettre de mieux évaluer l'agrégat *Digitalis purpurea* et de mieux cerner les rapports entre les taxons et leur écologie. C'est la raison pour laquelle une attention toute particulière a été apportée à la collecte et au recensement des données chorologiques, phénologiques et écologiques.

L'analyse des correspondances permet de formaliser les corrélations qui existent entre les variables morphologiques et écologiques, à mettre en évidence des regroupements de caractères ou de taxons, puis à quantifier les relations caractère-caractère, taxons-taxons et caractère-taxon. Lorsque l'agrégat est difficile à appréhender, comme c'est le cas des digitales pourpres en Méditerranée occidentale, on arrive ainsi à mieux individualiser les différents groupes naturels et à retrouver les caractères diagnostiques nécessaires à l'établissement des descriptions spécifiques et des clés.

REMERCIEMENTS

Nous remercions vivement le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique pour son généreux appui (projet n° 3.571-0.83). Nous remercions également Mme Eveline Mermillod-Bijkerk pour sa précieuse collaboration dans la réalisation des dessins et M. Philippe Favre de l'Institut de sciences de la Terre de l'Université de Genève pour la détermination des échantillons géologiques.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AESCHIMANN, D., J.-M. MASCHERPA & G. BOCQUET (1981). Etude biosystématique du Silene vulgaris s.l. (Caryophyllaceae) dans le domain alpin. Méthodologie. *Candollea* 36: 379-396.

BENZLER, J.-H. & al. (1982). *Bodenkundliche Kartieranleitung.* 3. Aufl. E. Schweizerbart, Stuttgart, 331 pp.

BIESALSKI, E. (1957). *Pflanzenfarben — Atlas mit Farbzeichen nach DIN 6164.* Musterschmidt Verlag, Göttingen, 21 pp., 28 tab.

BOCQUET, G. & J.-M. MASCHERPA (1981). Ordinateur et botanique ou l'informatique au jardin. *Mus. Genève* 213: 13-17.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde.* 3.Aufl. Springer-Verlag, Wien, New York, 865 pp.

DIERSCHKE, H. (1972). Zur Aufnahme und Darstellung phänologischer Erscheinungen in Pflanzengesellschaften. *In*: TÜXEN, R. (ed.), Grundfragen und Methoden in der Pflanzensoziologie. *Ber. Int. Symp. Rinteln* 1970: 291-311. W.Junk N. V., Den Haag.

ELLENBERG, H. & D. MUELLER-DOMBOIS (1967). Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the earth. *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel* 37: 21-55.

FONT QUER, P. (1925). Datos acerca de las Dedaleras Españolas. *Bol. Farm. milit.* 3: 3-16.

HART, R. (1976). An index for comparing weediness in plants. *Taxon* 25: 245-247.

HINZ, P.-A., G. BOCQUET & J.-M. MASCHERPA (1986). Etude biosystématique de l'agrégat Digitalis purpurea L. (Scrophulariaceae) en Méditerranée occidentale. I. Remarques préliminaires. *Candollea* 41: 329-337.

HOLMGREN, P. K., W. KEUKEN & E. K. SCHOFIELD (1981). Index Herbariorum. Part 1. The Herbaria of the World. Ed. 7. *Regnum Veg.* 106: 1-452.

JEANMONOD, D. & J.-M. MASCHERPA (1982). Révision de la section Siphonomorpha Otth du genre Silene L. (Caryophyllaceae) en Méditerranée occidentale. Méthodologie. *Candollea* 37: 497-523.

MARTINEZ-MARTINEZ, M. (1931). Contribución al estudio de las Digitales. 4° Nota. Diferenciación de las especies del grupo purpurea. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.* 31: 509-520.

MASCHERPA, J.-M. (1976). *Applications des méthodes informatiques à la taxonomie végétale, notamment des Phaseolinae, et aux problèmes biologiques qui lui sont liés.* Thèse 1767, Université de Genève.

ROUY, G. (1903). Sur quelques plantes de Corse. *Rev. Bot. Syst. Géogr. Bot.* 1(9): 131-141.

SAMPAIO, G. (1905). Duas especies novas de Digitalis. *A Revista* n° 2, 3° anno.

STEARN, W. T. (1973). *Botanical Latin. History, Grammar, Syntax, Terminology and Vocabulary.* David & Charles, Newton Abbot, 566 pp.

WALTER, H. (1979). *Allgemeine Geobotanik.* 2. Aufl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 260 pp.

WALTER, H. & H. LIETH (1960). *Klimadiagramm — Weltatlas.* G. Fischer, Jena.

WERNER, K. (1964). Die Verbreitung der Digitalis-Arten. *Wiss. Z. Martin-Luther Univ. Halle-Wittenberg, Math.-Naturwiss. Reihe* 13: 453-486.

WERNER, K. (1965). Taxonomie und Phylogenie der Gattungen Isoplexis (Lindl.) Benth. und Digitalis L. *Feddes Repert.* 70: 109-135.

Adresses des auteurs: P.-A. H.: Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève, Case postale 60, CH-1292 Chambésy/GE.

J.-M. M.: Centre horticole de Lullier, CH-1254 Lullier/GE.