

CONCEPTUALISATION ET ACTIONS DIDACTIQUES À PROPOS DE LA REPRODUCTION VÉGÉTALE

Catherine Boyer

Travailler sur les représentations de la reproduction végétale chez les élèves selon le cadre théorique des champs conceptuels de Vergnaud permet de comprendre à la fois les avancées conceptuelles et les difficultés. Ainsi, les théorèmes-en-acte quotidiens développés par les élèves peuvent être des obstacles à la conceptualisation et par là-même expliquent leur prégnance et leur résistance. Mais la représentation évolue avec le temps et les situations rencontrées ; elle devient progressivement plus "scientifique". L'étude des invariants opératoires et du système dans lequel ils s'organisent avant, pendant et après les situations didactiques permet de mieux saisir le processus de conceptualisation : glissement de sens du quotidien vers le scientifique grâce à des actions et à des ruptures.

un cadre
théorique liant
champ conceptuel
et représentation

Il s'agit de présenter les résultats d'une recherche sur la conceptualisation chez les élèves de 6 à 9 ans (Boyer, 1998). Son thème, la reproduction végétale, a été très peu étudié jusqu'ici. Quant au cadre théorique, il est inhabituel en didactique de la biologie puisqu'il fait référence à la théorie des champs conceptuels de Vergnaud (1990), qui présente également une théorie de la représentation. Il convient donc de l'explicitier tout en montrant les points de convergence et de divergence avec Vygotski auquel il est fait également référence.

Nous savons que les représentations initiales jouent un rôle considérable dans la conceptualisation. Cet ensemble non coordonné fonctionne sur des prototypes qui reflètent une absence de catégories conceptuelles scientifiques. L'enjeu des situations didactiques est donc de permettre aux représentations quotidiennes d'évoluer et de se constituer en système coordonné sur des bases scientifiques. Nous présenterons les diverses situations didactiques menées sur la fleur, le fruit et la graine en y associant les invariants opératoires repérés avant, pendant et à la fin des actions didactiques. Cela nous amènera à étudier le processus de conceptualisation et à en cibler les points-clés.

1. PROBLÉMATIQUE ET CADRE THÉORIQUE *

L'école a un rôle crucial à jouer dans l'appropriation par les élèves des concepts scientifiques de la biologie. Elle doit

* avec la collaboration de Gérard Vergnaud

recourir pour cela à des situations didactiques dont l'objectif est la déstabilisation des représentations initiales des enfants et l'émergence par l'observation et l'expérimentation de nouvelles représentations plus proches des concepts scientifiques, ceux de la reproduction végétale en l'occurrence. La médiation de ce processus par l'enseignant est évidemment essentielle.

Concernant la reproduction végétale, un enjeu existe dès les petites classes de l'école élémentaire. Les jeunes élèves ne se représentent pas bien les relations entre les différentes formes végétales (graines, fleurs, fruits) ni d'ailleurs ces catégories elles-mêmes. Les actions didactiques sur la reproduction végétale, si elles sont adaptées aux enfants de l'école primaire, doivent favoriser le glissement des concepts quotidiens vers les concepts scientifiques.

La terminologie que nous venons d'utiliser "*concepts quotidiens*" et "*concepts scientifiques*" est celle de Vygotski (1934/1985). Nous nous en inspirons évidemment beaucoup et retenons en particulier de Vygotski les deux thèses essentielles suivantes :

concepts
quotidiens
et concepts
scientifiques

1. Les concepts quotidiens se forment dans l'expérience quotidienne, ils ont une portée locale (peu générale) et mettent modérément le langage à contribution. Ils ne forment pas de systèmes. À l'inverse les concepts scientifiques ont une portée générale, une forme langagière élaborée (énoncés et textes) et sont organisés en systèmes.

2. Cette opposition entre concepts quotidiens et concepts scientifiques est, pour Vygotski, relativement radicale. Mais celui-ci adopte aussi l'idée qu'il existe entre eux une relation dialectique au cours de l'apprentissage et du développement. Il résume cette idée par la formule métaphorique "*les concepts quotidiens poussent vers le haut et les concepts scientifiques vers le bas*". Entendons par là que les concepts scientifiques doivent trouver certaines de leurs racines dans les concepts quotidiens qui, de ce fait, se transforment. Les concepts scientifiques ne tombent pas du ciel.

La présente recherche a pris comme référence la théorie des champs conceptuels de Vergnaud que celui-ci a développée dans le cadre de la didactique des mathématiques, mais qui est transposable à d'autres disciplines. Les parentés avec les idées de Vygotski sont intéressantes, même si la théorie des champs conceptuels fait jouer un rôle très important à des concepts plus ou moins absents chez Vygotski, comme ceux de situation, de schème et d'invariant opératoire.

l'action sur le réel
source de
la conceptualisation

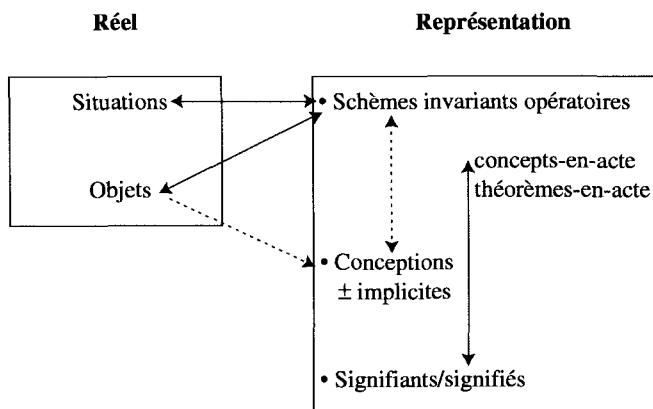
L'idée principale de Vergnaud est que la conceptualisation prend source dans l'action sur le réel et avec le réel. Ce sont donc les situations les activités auxquelles les élèves sont invités par les situations, qui constituent la première et principale occasion de l'évolution des connaissances.

Ce processus d'adaptation, avec les deux volets, assimilation et accommodation, que Piaget nous a appris à distinguer, est constitutif du développement cognitif. Ce sont les schèmes qui s'adaptent, c'est-à-dire les formes d'organisation de l'activité associées aux situations auxquelles les sujets sont confrontés. Un schème est par définition composé de plusieurs catégories de composantes, parmi lesquelles Vergnaud identifie ce qu'il appelle "les invariants opératoires", c'est-à-dire des concepts-en-acte et théorèmes-en-acte, pas toujours explicitables, mais qui forment néanmoins des conceptions relativement stables, du moins pendant une certaine période. *"(Le schème) organise la conduite du sujet (et) comporte des règles d'action et des anticipations. Mais cela n'est possible que parce que fait partie intégrante du schème une représentation implicite ou explicite du réel analysable en termes d'objets, de catégories-en-acte (propriétés et relations) et de théorèmes-en-acte. Ces invariants opératoires organisent la recherche de l'information pertinente en fonction du problème à résoudre et du but à atteindre, et pilotent les inférences."* (Vergnaud, 1990)

les invariants opératoires, un élément clé de la représentation

Les relations entre le réel et la représentation peuvent se définir comme indiqué dans le schéma suivant :

Document 1. Théorie de la représentation et des champs conceptuels d'après Gérard Vergnaud



Les conceptions exprimées sont une forme possible de la représentation. Cette partie visible de la représentation apporte des renseignements sur la construction des connaissances à travers les énoncés et les textes émis par le sujet. Lorsque l'on se place en début d'apprentissage, nous appelons ces conceptions : représentations initiales. Nous entendons ainsi pointer ce déjà-là intellectuel construit par les enfants, à l'école et hors de l'école, et dont nous savons l'importance dans la construction des connaissances.

les représentations initiales jouent un rôle considérable dans la construction des connaissances

Le problème principal de l'apprentissage et de l'enseignement est celui de la transformation des conceptions et des formes d'organisation de l'activité des élèves, par restructuration et découverte, ainsi que celui de la provocation et de l'accompagnement de ce processus par l'enseignant.

Le premier acte de médiation de l'enseignant est le choix des situations didactiques à proposer aux élèves. Il est inévitablement accompagné et suivi de nombreux autres actes de médiation : clarification des buts et des enjeux, aide à l'activité des élèves et notamment à la sélection des informations pertinentes, explicitation des catégories conceptuelles et des différences entre les catégories scientifiques et des catégories issues de l'expérience quotidienne, explicitation de propositions tenues pour vraies par les élèves (théorèmes-en-acte), que celles-ci soient effectivement vraies ou fausses, ou encore partiellement vraies (sous certaines conditions par exemple).

Pour Vergnaud, la longue durée est une caractéristique essentielle du développement cognitif. La théorie des champs conceptuels est un cadre pour penser le développement ainsi que les apprentissages et les prises de conscience qui le jalonnent. La première idée est qu'un concept ne se développe jamais seul, mais en liaison avec d'autres concepts, avec lesquels il forme système. Il y a donc système à tous les moments du développement ; ce ne sont pas seulement les concepts scientifiques qui forment système mais également les concepts quotidiens. La seconde idée est que les concepts se développent parce que les situations et les activités en offrent l'occasion. Un concept prend son sens à travers une variété relativement grande de situations, non pas à travers une classe de situations seulement. Enfin les formes symboliques de représentation que sont le langage naturel, les dessins, les diagrammes, les tableaux, les formules, jouent un rôle important dans la prise de conscience et la stabilisation des connaissances.

Filiations et ruptures, telles sont les deux idées-clefs concernant le développement cognitif, c'est dans ces termes qu'on peut analyser l'évolution des rapports entre concepts quotidiens et concepts scientifiques, et faire un pas en avant par rapport à la manière dont Vygotski posait le problème.

Cette recherche vise donc à répondre aux questions suivantes :

Sur quoi repose la conceptualisation de la reproduction végétale ? Quelles sont les filiations et les ruptures qui président à la construction de telles connaissances ?

Quelles actions didactiques mettre en place pour favoriser l'accès à une conceptualisation scientifique ? Comment évoluent les représentations des enfants en fonction des actions didactiques ?

les concepts
se développent
en système

la conceptualisation
dans le cadre
scolaire en terme
de ruptures et
de filiations

2. LE CHAMP CONCEPTUEL DE LA REPRODUCTION VÉGÉTALE

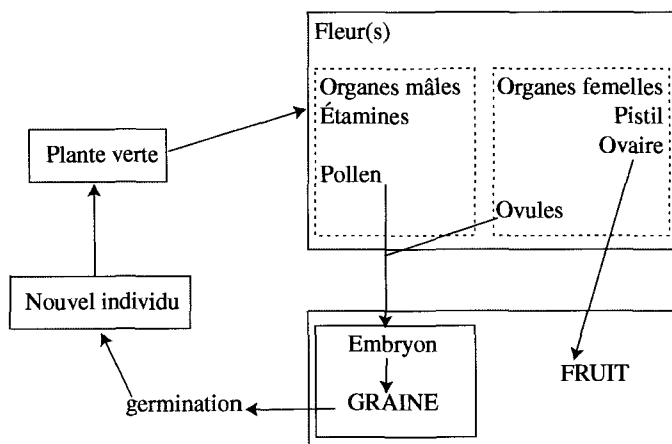
Plusieurs concepts formant système composent le champ conceptuel de la reproduction végétale. Ce sont en particulier les concepts de fleur, fruit et graines qui sont en étroite relation. Chacun d'entre eux se définit à la fois par rapport à une structure morphologique associée à un vocabulaire, et par rapport à son rôle au sein du champ conceptuel.

Pour mieux comprendre ces concepts, nous nous proposons maintenant d'en faire un bref rappel théorique en repérant l'ensemble des invariants scientifiques constituant les signifiés, les situations qui leurs donnent sens et les signifiants qui permettent d'établir les relations et les propriétés qui les unissent. Nous présentons en fait le champ conceptuel adapté aux possibilités des enfants de l'école primaire (6/10 ans). C'est pourquoi nous ne faisons pas référence ici aux gymnospermes (plantes également à fleurs mais dont les graines sont nues sur une écaille), ni bien sûr à la double fécondation conséquence de la germination du grain de pollen et de sa fusion avec les cellules du sac embryonnaire composant l'ovule, trop difficile à comprendre à l'école primaire.

Le schéma suivant résume donc de façon simplifiée la reproduction végétale à travers le cycle de vie des plantes à fleurs et à fruits (les angiospermes).

un champ conceptuel accessible aux enfants de 6/10 ans

Document 2. Le cycle de vie simplifié des angiospermes



2.1. La fleur

C'est par son rôle, bien plus que par sa morphologie, que la fleur au sens scientifique se définit au-delà de la conception limitée de la fleur "du fleuriste". La fleur est l'appareil repro-

la fleur se définit
par son rôle
reproducteur

ducteur de la plante qui produit les éléments mâles : le pollen (contenu dans les étamines) et les éléments femelles : les ovules (contenus dans le pistil). Ces éléments sont indispensables à la pollinisation et à la fécondation.

Les organes reproducteurs mâles et femelles peuvent se trouver ensemble dans une seule et même fleur, comme dans des fleurs séparées dites fleurs mâles et fleurs femelles ; cela dépend des espèces considérées.

les concepts de fleur,
fruit et graine
composent
le champ
conceptuel
de la reproductions
des plantes
supérieures

2.2. De la fleur au fruit et à la graine

La fécondation de l'ovule par le grain de pollen donne naissance à la graine. Cette fécondation provoque une transformation de l'ovaire et produit le fruit.

2.3. Le fruit

La définition scientifique est éloignée de celle utilisée dans la vie de tous les jours puisque les fruits au sens biologique ne sont pas tous un produit comestible généralement sucré et consommé comme dessert.

Aboutissements de la fonction sexuée des fleurs, les fruits contiennent des graines et proviennent généralement uniquement de l'ovaire de la fleur. Ils sont classés en deux catégories :

- les fruits charnus à noyau (les drupes) ou à pépins (les baies) ;
- les fruits secs : déhiscents (s'ouvrant seul à maturité) tels que les gousses, les capsules, les siliques, et non déhiscents, comme les akènes, les samares.

Il existe également des fruits dits complexes. Dans ce cas, l'ovaire et une autre partie de la fleur se sont transformés en fruit, comme par exemple la pomme.

2.4. La graine

fleur, fruit et graine :
des concepts
quotidiens et
scientifiques
différents

Résultat de la fécondation de l'ovule, la graine est l'élément végétal donnant naissance à la nouvelle plante. Noyau, pépins et grains sont des graines. En effet, les graines arrivées à maturation sont toutes composées d'un tégument (une peau), de cotylédons (réserves de nourriture), d'une ébauche de plante nommée plantule (composée d'une radicule, d'une tigelle, de deux expansions foliacées et d'un bourgeon terminal).

Après une nécessaire maturation et si les conditions physiques favorables (température, eau...) sont réunies, la graine peut germer. La germination se traduit par le passage d'une vie ralentie à la reprise progressive, grâce à l'eau, de la croissance. Ce retour à la vie active s'effectue par une transition de l'utilisation des réserves de la graine (croissance hétérotrophe) à la synthèse chlorophyllienne (croissance autotrophe).

3. MÉTHODOLOGIE

Cette recherche est longitudinale et développementale puisqu'une même cohorte d'enfants (soit une classe de 25 élèves) a été suivie du CP au CE2. Des actions didactiques sur le cycle de vie et la reproduction des plantes à fleurs ont eu lieu au CP et au CE1, alors qu'au CE2 seul un post-test a été passé, sans action didactique. Ensuite, 10 enfants ont été vus en entretien clinique critique.

Au CP et au CE1, les enfants ont passé un pré-test et un post-test basés sur un questionnaire et des dessins. Les débats durant les actions didactiques ont été enregistrés au magnétophone (et intégralement retranscrits) et les productions des élèves ou des groupes d'élèves ont été conservées.

analyse de l'oral
et des écrits
des enfants
pour étudier
la conceptualisation

L'analyse fine des filiations et des ruptures s'est effectuée à partir de l'oral et de l'écrit des élèves avant, pendant et après les actions didactiques. Nous pouvons donc étudier l'évolution de la conceptualisation à travers les mots et dessins produits par les élèves et le raisonnement qui les accompagne ou permet de les engendrer. Nous avons centré notre attention sur chacun des concepts (graine, fleur, fruit) en cherchant à préciser :

- les cas particuliers (prototype, classe de situation, lexique employé, signifiants utilisés) ;
- la définition générale (sa formulation, son sens et sa portée) ;
- les relations entre cas particuliers et définition générale pour chacun des concepts ;
- les relations entre les différents concepts à savoir : la fleur et le fruit, le fruit et la graine, le cycle de vie.

C'est dans la spécificité des productions des enfants (à travers les critères précisés précédemment) que se joue la représentation. Aussi devient-il plus enrichissant de chercher ce qui occasionne les ressemblances et les différences pour expliquer la conceptualisation. Ainsi, nous montrerons que pour un même énoncé certains enfants développent des représentations différentes.

4. LES ACTIONS DIDACTIQUES MENÉES

La construction des concepts en jeu dans la reproduction végétale des plantes à fleurs nécessite un travail didactique. Mais avant d'aborder les actions didactiques en liaison avec l'évolution conceptuelle des élèves, il nous faut définir les caractéristiques des situations didactiques menées.

4.1. Les composantes des actions didactiques

Les actions didactiques ont pour but de :

les actions didactiques pour rompre avec les représentations initiales...

- manipuler des objets appartenant à différentes classes de situations ;

- développer les relations entre les concepts de la reproduction végétale pour qu'ils forment un système plus "scientifique".

Permettre aux enfants de développer les deux aspects, catégories et relations, des concepts, c'est les engager dans la voie de la conceptualisation scientifique. Car c'est seulement grâce aux actions didactiques que les représentations peuvent rompre avec leurs racines quotidiennes.

Pour y parvenir, les actions menées reposent sur les caractéristiques didactiques suivantes : prise en compte des représentations initiales, situations problèmes et situations de structuration donnant une place importante au conflit socio-cognitif et à l'utilisation de signifiants variés (textes, dessins, schémas...). Les différentes situations n'ont cependant pas toutes le même rôle.

... et développer les catégories et les relations scientifiques

- Les situations problèmes sont importantes. Dans un premier temps, les élèves formulent le problème à résoudre, ce qui implique une remise en question de leurs représentations initiales. Ensuite, durant leur résolution, les élèves construisent des invariants en travaillant le concept en compréhension.

- Les situations de structuration permettent un travail en extension du concept, en envisageant une certaine variété de possibles, tout en aboutissant à un niveau de formulation plus opératoire.

Quant au découpage conceptuel proposé lors des actions didactiques, celui-ci repose sur l'analyse des représentations initiales et nous a conduit à ne pas suivre l'évolution chronologique du cycle de vie des plantes comme cela est très souvent proposé dans les manuels scolaires. En effet, lorsque l'on demande aux élèves de dessiner l'histoire de la graine de haricot que l'on plante (pré-test) on constate :

- le passage direct de la graine à la plante (pas de germination) ;

- l'absence de passage par la fleur et surtout l'absence de la relation fleur/fruit, qui est essentielle ;

- la faible différenciation des espèces entre elles, par exemple l'obtention d'un plant de haricot à partir d'une graine de haricot n'est pas systématique ;

- aucune représentation de la notion de cycle de vie.

graines, germination et cycle de vie au CP

À la lumière de ces résultats, il nous est donc apparu indispensable au CP d'étudier le cycle de vie d'une plante afin d'aborder les relations entre les concepts tout en étudiant la germination, la définition des graines et leur rôle, conceptions les plus proches du concept scientifique.

relations fleur, fruit,
graine au CE1

Au CE1, le passage de la fleur au fruit et à la graine est l'axe principal des actions didactiques car la fleur n'a pas ou guère de rôle dans le cycle de vie des plantes pour des élèves de 7 ans. La première étape didactique consiste, non pas à étudier la morphologie des fleurs, mais à travailler les relations conceptuelles entre la fleur et le fruit à partir de plusieurs exemples s'éloignant du sens commun. Cette étude de la transformation de la fleur en fruit nécessite ensuite de définir scientifiquement le fruit. Ce n'est qu'après ces différents moments didactiques que l'étude morphologique des fleurs prend du sens et permet enfin l'étude de la fécondation. La chronologie des actions didactiques (au CP puis au CE1), leur forme et les signifiants qui leur sont associés sont présentés dans les tableaux 1 et 2.

Document 3. Les actions didactiques au CP

	Actions didactiques	Signifiants utilisés
La graine	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulation de graines, noyaux et pépins pour faire émerger le problème "qu'est-ce qu'une graine ?" 	<ul style="list-style-type: none"> • Dessins d'observation de la graine de haricot • Dessins à légénder • Objets réels
La germination du haricot	<ul style="list-style-type: none"> • Observation de l'évolution • Mesures du développement des racines et de la tige 	<ul style="list-style-type: none"> • Dessins des étapes de la germination • Classement de dessins et textes
Rôle des différentes parties de la graine	<ul style="list-style-type: none"> • Démarche expérimentale (avec des graines de haricot) • Structuration 	<ul style="list-style-type: none"> • Écrits sur les anticipations • Objets réels
Le cycle de vie du haricot	<ul style="list-style-type: none"> • Observation du plant et du passage de la fleur au fruit, à la graine 	<ul style="list-style-type: none"> • Dessins à remettre en ordre • Objet réel

Document 4. Les actions didactiques au CE1

Concepts	Actions didactiques	Signifiants utilisés
Passage de la fleur au fruit	<ul style="list-style-type: none"> • Situation problème • Observation de pieds de fraisier, tulipe et giroflée • Autres exemples (structuration) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tableau à compléter • Fiche avant et après expérience (texte) et objets réels • Travail à partir de photos et dessins
Le fruit	<ul style="list-style-type: none"> • Fruits comestibles • Fruits non comestibles • Structuration 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulation de fruits réels • Dessins • Devinettes
La fleur	<ul style="list-style-type: none"> • Observation de la fleur de lys • D'autres fleurs à dessiner 	<ul style="list-style-type: none"> • Objet réel • Dessin à faire "de mémoire" • Diagramme floral
Fécondation de la fleur	<ul style="list-style-type: none"> • Les expériences du jardinier sur le cerisier • Expérience de pollinisation d'un amaryllis 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiche d'expérience à partir de dessins • Objet réel • Fiche avant et après expérience

4.2. Évolution des représentations en fonction des situations didactiques

Vu notre cadre théorique et didactique, la description des actions didactiques se fera en relation avec l'évolution des représentations des élèves. C'est pourquoi, en fonction des concepts mis en jeu lors des actions didactiques, nous listerons les représentations initiales puis expliquerons la formulation du problème et les situations mises en place, ainsi que les invariants opératoires construits par les élèves.

• La graine et la germination au CP

Chez les élèves de 6 ans, les représentations initiales reposent sur des théorèmes-en-acte quotidiens. Les propositions s'appuient sur la couleur, la forme et/ou la taille de la graine ; c'est-à-dire qu'une graine fait l'objet d'une représentation prototypique : *"elle est de couleur sombre, souvent ronde et forcément petite"*. C'est en quelque sorte le plus petit élément possible. Ici, il s'agit d'un *obstacle lié au primat de la perception*. Parallèlement à ces théorèmes-en-acte, les élèves utilisent un autre théorème-en-acte *"une graine pousse si on la plante"*. Ce second invariant opératoire est une proposition vraie (si les conditions sont réunies) et sert d'élément de validation des connaissances dans certaines situations didactiques.

rompre avec
les théorèmes-en-
acte quotidiens
de la graine...

C'est à partir de la comparaison des dessins sur l'histoire de la graine de haricot qu'ont débuté les actions didactiques au CP. Les idées développées par les dessins étant différentes, les élèves ont donc planté des haricots. Ils étaient tous sûrs que leur plantation donnerait quelque chose, mais cette graine de haricot n'était pas reconnue, par eux, comme une graine puisqu'elle était "blanche" et "grosse". Pour d'autres élèves, l'argument était qu'*"on ne mange pas de graine"*. Une séance didactique sur le concept de graine répondait donc à un réel problème. La présentation de différentes graines (noyaux, pépins, de couleurs, de tailles et de formes diverses) conduit les élèves à utiliser des critères différents d'un enfant à l'autre. En revanche, quand on fait appel à leur vécu, quelques élèves expliquent qu'ils ont planté des noyaux d'avocat ou des pépins et qu'ils ont obtenu une plante. Le théorème-en-acte *"une graine pousse"* conduit donc les élèves à l'interrogation suivante *"Puisqu'une graine pousse, pourquoi un pépin (qu'ils ne considèrent pas comme une graine) peut-il pousser ?"*. Pour résoudre ce problème les élèves font des plantations de noyaux, pépins, mais surtout décortiquent des graines. La découverte d'une structure commune à chacun de ces objets (tégument, cotylédon, plantule) amène les élèves à étendre les classes de situations relatives aux graines tout en conservant le théorème-en-acte *"une graine pousse si on la plante"*, bien que certaines plantations aient échoué.

... pour développer
de nouvelles
catégories
scientifiques
de la graine

Après des expériences réalisées pour savoir *"quelles parties de la graine permettent d'obtenir la plante ?"*, la graine n'est

plus considérée comme le plus petit élément. De plus, chez les élèves de CP, le lien de causalité entre la croissance d'une nouvelle plante et l'utilisation des réserves nutritives contenues dans les cotylédons n'est pas fait. Cet obstacle est de l'ordre du raisonnement ou de l'inférence, dans lequel le primat de la transformation l'emporte sur les conditions nécessaires et non suffisantes.

Quant au cycle de vie, le passage par la fleur et sa transformation en haricot surprennent les élèves et relancent les observations. Lors de la phase de bilan, quelques élèves utilisent des cas prototypiques pour asseoir cette découverte. Ainsi un élève cite le cas du cerisier : *"sur le cerisier, il y a des fleurs avant les cerises"*. D'autres élèves confirment, et vont citer d'autres exemples toujours sur des cas de fruitiers. En revanche, la surprise provoquée par le passage de la fleur au fruit ne donne pas lieu à un effet à long terme. Cette relation entre fleur et fruit n'est quasiment pas représentée sur les dessins lors du post-test alors que les étapes de la germination sont nombreuses et que le concept d'espèce prend forme.

• Le passage de la fleur au fruit au CE1

dans
des représentations
initiales, la fleur
n'a pas de relation
avec le fruit

Si la graine a une fonction définie dès les représentations initiales, il n'en va pas de même de la fleur, bien au contraire. Dans les représentations initiales au CE1, la fleur n'a aucun rôle sinon celui *"de faire beau"*. Parmi les fleurs, les fleurs des arbres fruitiers ont cependant un statut différent, car *"après les fleurs, il y a un fruit"*. En fait, là encore, il n'existe pas de relation nette : les élèves perçoivent cette relation comme une relation exclusivement temporelle qui n'établit pas de véritable liaison fonctionnelle entre la fleur et le fruit. L'exemple prototypique utilisé est celui de la cerise.

les actions
didactiques
permettent
de donner un rôle
aux différentes
fleurs...

Pour faire émerger le problème, les actions didactiques démarrent autour d'une discussion sur le devenir de différentes fleurs (fleur de fruitier, fleur de légumineuse, et fleur dite *"pour faire beau"*). Les arguments utilisés par les élèves étant différents, le besoin d'observer le devenir de différentes fleurs se fait ressentir : il faut répondre à la question *"que deviennent les fleurs ?"*. Les élèves observent des pieds de tulipe ou de giroflée ou de fraisier. Chaque groupe doit présenter ses observations pour répondre à la question formulée par la classe. La transformation pour chaque plante des fleurs en fruits surprend les élèves puisque l'expérience remet en cause leurs représentations initiales, principalement pour les giroflées et les tulipes. Lors de la mise en commun, les élèves décrivent les évolutions : *"chute des pétales"*, *"le cœur de la fleur se développe et donne quelque chose"*. En fait, le groupe classe repère certains invariants traduisant la relation fleur/fruit.

Mais les élèves éprouvent des difficultés à nommer le résultat de cette transformation, ce qui fait dire à un enfant observant

... grâce
au théorème-en-
acte "une fleur
se transforme en..."

la giroflée que la fleur "devient des sortes de choses qui ressemblent à des haricots". En l'absence d'un vocabulaire commun relatif à la nouvelle classe de situation, la stratégie des élèves, devant les réticences des autres groupes, consiste à décrire ce qu'ils ont obtenu en utilisant des analogies ou en se focalisant sur la présence de graines observées dans le fruit, qu'ils ne peuvent nommer ainsi. Ils accordent ainsi une importance particulière aux objets déjà conceptualisés, ce qui fait dire à un élève : "toutes les fleurs qui font rien, elles font des graines". Les représentations évoluent donc et reposent sur le théorème-en-acte "la fleur donne quelque chose". Le besoin des enfants de nommer le résultat obtenu conduit l'enseignant à parler de "gousse" au lieu de "sorte de haricot" qui perturbe la classe. Cependant le terme de gousse sera utilisé ensuite abusivement par les élèves au cours de la situation de structuration. Celle-ci consistait à "trouver ce qu'il y a de commun entre ces histoires de fleurs" à partir de photos de la transformation fleur/fruit illustrant les différentes classes de situation. Quelques élèves dirent "les fleurs deviennent des fruits ou des légumes, mais on ne sait pas si l'églantier c'est un fruit ou un légume". Cette hypothèse émise par inférence est refusée par un élève qui, pour infirmer cette proposition, prend l'exemple de la tulipe, connu de tous, et fait remarquer qu'elle ne donne ni fruit, ni légume, ce qui n'invalide pas l'invariant opératoire "une fleur se transforme en...". Rappelons que les invariants opératoires sont de deux ordres : le concept-en-acte (catégorie qui permet de prélever l'information pertinente en situation) et le théorème-en-acte (proposition tenue pour vraie sur le réel, cette proposition peut être vraie ou fausse). La discussion conduit progressivement les élèves à catégoriser les résultats de cette transformation "en fruit" (au sens quotidien), "en légume" et "en gousse sèche", terme proposé par des élèves qui répondaient au besoin de la catégorie "non comestible". Le qualificatif "sèche" résulte des observations des fruits de giroflée, tulipe et rose de Noël dont les fruits sont secs.

Les actions didactiques menées ont entraîné une rupture et l'invariant opératoire de nature scientifique s'appuie cette fois sur le rôle de la fleur, il ne s'agit plus d'un élément isolé mais bien d'une catégorie végétale en relation avec le fruit. Elle se traduit par le théorème-en-acte scientifique "une fleur se transforme en... (fruit, légume ou "gousse sèche")".

• Le fruit

mais le mot "fruit"
pose problème

Les représentations initiales reposent sur l'acception quotidienne du fruit, ce qui est un obstacle particulièrement résistant. Il est d'ailleurs difficile pour les enfants d'en donner une définition. Ils utilisent plusieurs théorèmes-en-acte, ceux-ci reposent sur le fait qu'un fruit peut "contenir du jus", "être sucré" ou "se manger en dessert". Ces différents théorèmes-en-acte sont utilisés conjointement ou indépendamment comme justification selon le fruit présenté. La pensée est

les théorèmes-en-acte quotidiens...

... font place à un invariant opératoire scientifique "les fruits contiennent les graines"

cependant, le terme "fruit" n'est pas encore un terme générique

opportuniste. Toutefois, à côté des fruits quotidiens, quelques enfants reconnaissent la tomate et la noix comme des fruits. Mais ils ne sont pas en mesure d'en donner une justification autre que "*mes parents me l'ont dit*" ou "*c'est comme ça !*".

D'un point de vue didactique, le rôle de la fleur étant connu, c'est la difficulté à nommer le résultat de sa transformation qui débouche sur la résolution du problème "*qu'est-ce qu'un fruit ?*". Lors de la manipulation de fruits comestibles (olives, tomates, fèves, kiwis...), les élèves disent que ces différents objets proviennent des fleurs. Après comparaison de ce qu'ils contiennent, les élèves parviennent au théorème explicite "*dans un fruit ou un légume, il y a des graines, des noyaux ou des pépins*". Les mots "noyau", "pépin" et "graine" conduisent à rappeler que tous sont des graines "*puisque ça germe*". Le concept est défini en compréhension à partir des invariants traduisant la provenance des fruits et la présence de graine à l'intérieur. C'est alors que le mot "légume" va provoquer un débat contradictoire et obliger les élèves à chercher les limites du concept en procédant par extension. Les élèves cherchent tous à confirmer le théorème-en-acte en faisant référence à d'autres objets que ceux manipulés, jusqu'au moment où un enfant hésitant finit par dire "*c'est les légumes, des graines ça ne va pas toujours !*". Cette formulation maladroite, qui veut indiquer qu'il y a des légumes sans graines, fait que les élèves cherchent à se justifier en proposant courgette, aubergine... jusqu'au moment où l'un dit "*le radis, ça marche car j'ai planté des graines et j'ai eu des radis*". Il s'en suit un débat dans lequel certains élèves infirment la proposition du radis comme fruit en argumentant leur propos : "*il n'y a pas de graine dans le radis*". Mais comme l'auteur de la proposition du radis n'en démord pas, les élèves utilisent alors des contre-exemples, c'est-à-dire des légumes qui ne sont pas des fruits : "*il n'y a pas de graine dans la salade*", "*dans les carottes non plus !*"... Ainsi le mot "légume" devient l'occasion d'un nouveau problème puisque certains légumes ne contiennent pas de graines. La rupture a eu lieu avec la remarque suivante "*Alors comment fait-on ?*" Ici, la médiation de l'enseignant s'impose et il donne la définition : "*Tout ce qui contient des graines est un fruit pour les scientifiques.*"

Comment comprendre la conceptualisation en jeu dans cette discussion ? La remise en cause des théorèmes-en-acte quotidiens est le résultat des actions didactiques et permet aux invariants scientifiques de s'installer : ils reposent sur la présence de graines, noyaux ou pépins dans le fruit. Parallèlement une autre proposition se développe : "*un fruit vient d'une fleur*". Cependant, pour justifier la classification des fruits, seul le critère de la "*présence des pépins, noyaux ou graines*" permet de valider le classement.

Malgré cela, un obstacle particulièrement tenace demeure, celui du caractère non comestible de certains fruits. Le caractère comestible qui vient du concept quotidien crée une résis-

tance particulière. Il paraît très difficile à l'enfant de 9 ans d'utiliser le mot "fruit" pour représenter l'ensemble de ce que le botaniste appelle fruit. Il préfère énumérer les différentes catégories de fruits : "*fruits, légumes (au sens légume-fruit), et les fruits non comestibles*", l'ensemble reposant sur l'invariant opératoire "*contient des graines*". L'élève s'assure ainsi de la compréhension commune du groupe ; c'est une façon de lever l'ambiguïté lexicale.

• *La fleur*

seuls les pétales et le cœur définissent la fleur dans les représentations initiales

Les représentations initiales concernant la morphologie de la fleur reposent sur la présence de pétales qui constitue le théorème-en-acte de base. Ce qui est corroboré par les dessins représentant un rond (parfois appelé cœur) autour duquel sont disposés les pétales. Avec une telle conception, la fleur n'est pas conceptualisée comme un objet sexué et donc la fécondation est méconnue. Quant au "pollen", il est associé à l'abeille et au miel, voire parfois "à des maladies" c'est-à-dire aux allergies ; aucune de ces conceptions ne participant, là encore, au concept de reproduction sexuée.

Les actions didactiques portent sur l'observation et la manipulation de fleurs simples. Le classement des différentes pièces florales du lys amène les enfants, après une série d'essais et de comparaisons, à la distinction de deux objets : les étamines et le pistil, ce qui va à l'encontre de leurs représentations initiales puisque le cœur de la fleur correspondait à un seul objet.

les dessins traduisent l'évolution conceptuelle du cœur en pistil et étamines

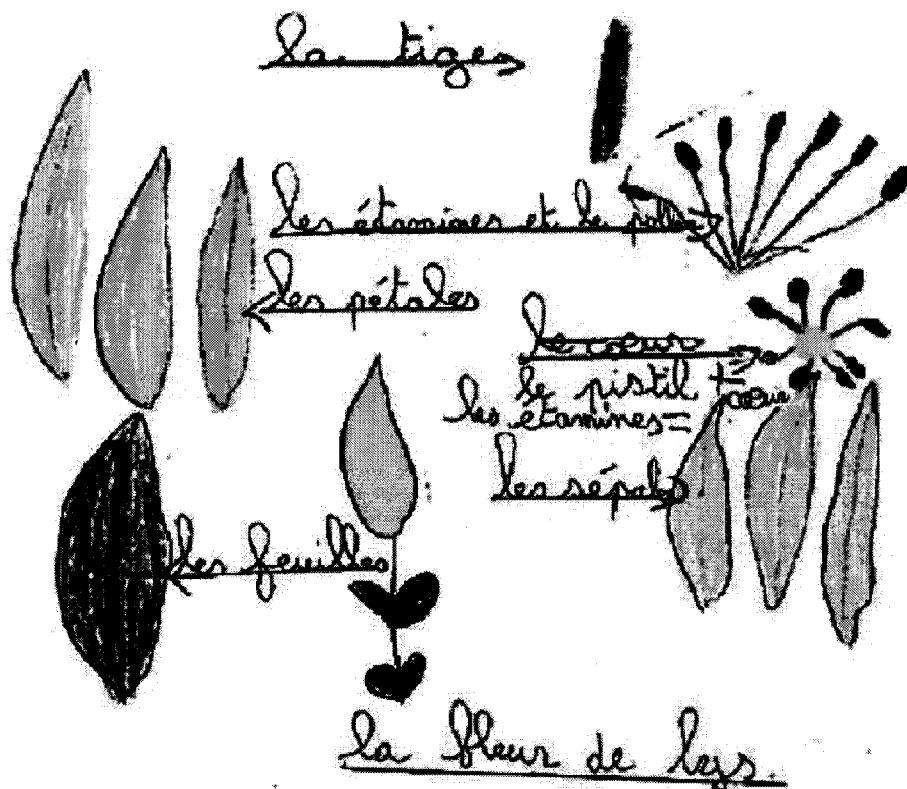
Les dessins traduisent, eux aussi, la rupture avec le concept quotidien. Dans leur grande majorité, ils correspondent à la morphologie d'une fleur simple. Le "cœur" de la fleur devient un élément composé "d'étamines et d'un pistil". Il y a alors début de différenciation des organes de la fleur. Le dessin est un bon indicateur du niveau de conceptualisation atteint, car les élèves n'ayant pas rompu avec leurs conceptions quotidiennes continuent à dessiner un cercle rempli de petits traits entouré de pétales.

En ce qui concerne le vocabulaire, nous notons une forte persistance des termes "cœur" et "pollen" dans les propos et les écrits des élèves. Cependant, leur signification n'est pas forcément la même avant et après les actions didactiques. Ainsi, après les actions didactiques, si les élèves ont rompu avec leurs représentations initiales, le terme "cœur" correspond au pistil et le "pollen" est utilisé à la place du mot "étamine". Les deux organes sexués sont pensés séparément, ils sont identifiés sur les dessins ou sur les fleurs sans aucune erreur. Seul le vocabulaire reste quotidien mais avec un sens différent de celui qu'il avait avant les actions didactiques.

• *La fécondation de la fleur*

Enfin, les actions portant sur la pollinisation et la fécondation répondent à la question "*quelle(s) partie(s) de la fleur produi(sen)t le fruit ?*". Pour cela, on propose aux élèves

Document 5. Dessin de la fleur de lys (actions didactiques CE1)



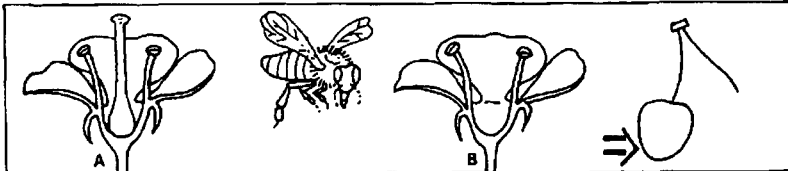
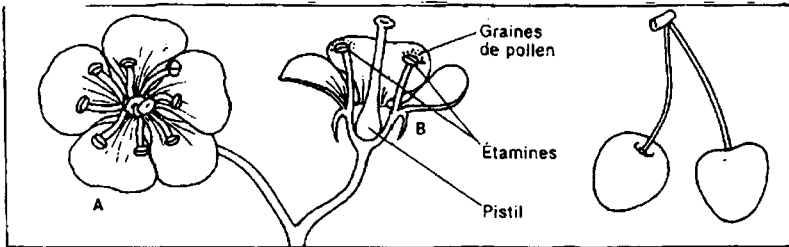
d'interpréter des dessins représentant des expériences sur la pollinisation d'un cerisier (voir figure 4) et de réaliser des expériences de pollinisation sur des pieds d'amaryllis. En fait, les élèves se focalisent sur la transformation visible du pistil en fruit. "Sans pistil, il n'y a pas de cerise" ou "le pistil donne le fruit". Le rôle du pollen demeure difficile à conceptualiser.

Durant les confrontations orales, les élèves insistent sur l'importance du pistil pour obtenir un fruit. Ce n'est qu'avec la remarque d'un enfant "oui, mais il y a le pollen qui sert !" que les élèves vont alors porter leur attention sur le pollen et les étamines. Les élèves étant en désaccord, ils sont contraints d'utiliser tour à tour différents arguments sans réussir vraiment à établir une relation de causalité. Les conditions nécessaires et non suffisantes (rôle du pollen) s'avèrent être un obstacle durable pour la majorité des enfants de 8 / 9 ans. Ainsi, les théorèmes-en-acte construits par les enfants sont de plusieurs natures.

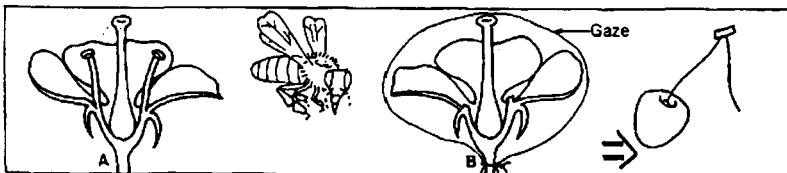
lors
de la fécondation,
le rôle du pistil
est compris...

- La conception scientifique du pollen est faiblement représentée : "le pollen sert à faire grossir le pistil" ou "le pollen fait grossir le pistil pour qu'il fasse une cerise en éclatant".

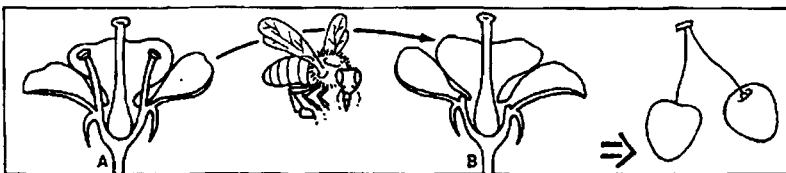
Document 6. Expériences sur la pollinisation du cerisier (CE1)



1. Qu'a-t-on enlevé à la fleur B ? On a enlevé le pistil.
 Que montre cette expérience ? Elle montre comment se développe la fleur pour donner un fruit.



2. Comment expliques-tu que la fleur B ne donne pas de cerise ? La fleur ne donne pas de cerise parce que le cœur de la fleur n'est pas bien fourni, car il manque les étamines ~~autour~~ ^{n'est} autour du pistil.



3. Que montrent ces dessins ? Ces dessins montrent la naissance des fruits.

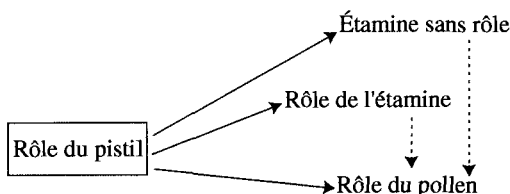
4. Peux-tu expliquer le rôle du pollen ? Le rôle est d'être pollinisé par une abeille ouvrière.

- Pour la majorité des enfants, le rôle du pollen repose uniquement sur des aspects quotidiens. Les élèves se focalisent sur l'abeille comme un vecteur de transport du pollen : *"sans faire exprès, l'abeille met du pollen sur son dos"*. Mais le pollen n'est pas conceptualisé pour son rôle dans la fécondation. Une élève explique même que *"le pollen ne sert à rien parce que l'abeille a pris le pollen et ça a donné deux cerises"*. Pour elle, l'abeille ne dépose pas de pollen sur le pistil de la fleur voisine, donc les deux fleurs se trouvent sans pollen et cependant il y a des cerises. Son interprétation bien qu'étant erronée repose sur un théorème-en-acte tout à fait pertinent.
- Le pollen reste associé à la morphologie de la fleur mais sans plus. Il sert à *"construire la fleur"*.

... alors que le rôle du pollen reste souvent un obstacle

Nous observons que les enfants qui ont un bon niveau de conceptualisation du rôle du pollen ont tous une représentation scientifique du rôle du pistil. Par contre l'inverse n'est pas vrai. La conceptualisation du rôle du pollen se construit donc en dernier.

Nous notons une filiation selon un ordre partiel qui se traduit par trois voies possibles de conceptualisation comme indiqué ci-dessous :



Voici des réponses d'enfants aux expériences sur la pollinisation qui illustrent les différentes voies.

- Stéphanie : *"1. Si on enlève le pistil, ça va pas faire de cerise. 2. Il n'y a pas d'étamines ; à cause de la gaze, l'abeille ne peut pas mettre le pollen dessus (le pistil). 3. Le pistil donne le fruit. 4. Le pollen sert à faire le fruit."* Ici, il s'agit de la voie directe de conceptualisation.

la conceptualisation de la fécondation se construit de différentes manières chez les enfants

- Yasmine : *"1. Sans pistil, il n'y a pas de cerise. 2. Pas d'étamines et pas de pollen, alors il n'y a pas de cerise. 3. Pas besoin d'étamines mais du pistil. 4. Le pollen fait grossir le pistil pour qu'il fasse une cerise en éclatant."* L'étamine n'a pas de rôle dans la fécondation.

- Séverine : *"1. Sans pistil, pas de cerise. 2. Pas de cerise parce qu'il faut le pistil et les étamines. 3. Sans pistil et sans étamines, la cerise ne pousse pas."* La dernière proposition est vraie, car elle fonctionne sur une négation, mais l'élève ne parvient pas à concevoir le rôle de l'étamine. C'est une proposition qui repose sur le principe du "tout ou rien".

Les enfants qui réussissent le mieux sont ceux qui transforment l'absence d'un élément en proposition affirmative en construisant un lien de causalité. La conceptualisation de la fécondation semble difficile pour nos jeunes élèves car ils traitent les informations isolément et donnent une importance toute particulière à l'élément qui se transforme en fruit. Le primat de la perception l'emporte sur les conditions nécessaires et non suffisantes.

Malgré les difficultés à comprendre la pollinisation, la compréhension de la transformation fleur/fruit s'affine en relation avec la structure de la fleur. Les relations conceptuelles s'enrichissent donc progressivement et traduisent une conceptualisation plus scientifique.

“Que ce soit au niveau des observations, des méthodes expérimentales, des principes de causalité, des modèles, le pédagogue peut commencer par la pensée commune exprimée initialement par les enfants. Mais sans travail sur les représentations, il risque de ne pas parvenir à dépasser la pensée commune, ou d'y revenir.” (Rumelhard, 1997)

5. LES POINTS-CLEFS DU PROCESSUS DE CONCEPTUALISATION

Les conceptions quotidiennes évoluent vers des idées plus scientifiques par des aménagements successifs, et différemment selon les élèves. Étudier la conceptualisation c'est aussi rechercher les relations qui sont construites entre les différents concepts mis en jeu dans la reproduction végétale, la façon dont ceux-ci sont organisés en un système cohérent.

5.1. Les trois concepts : la graine, la fleur et le fruit

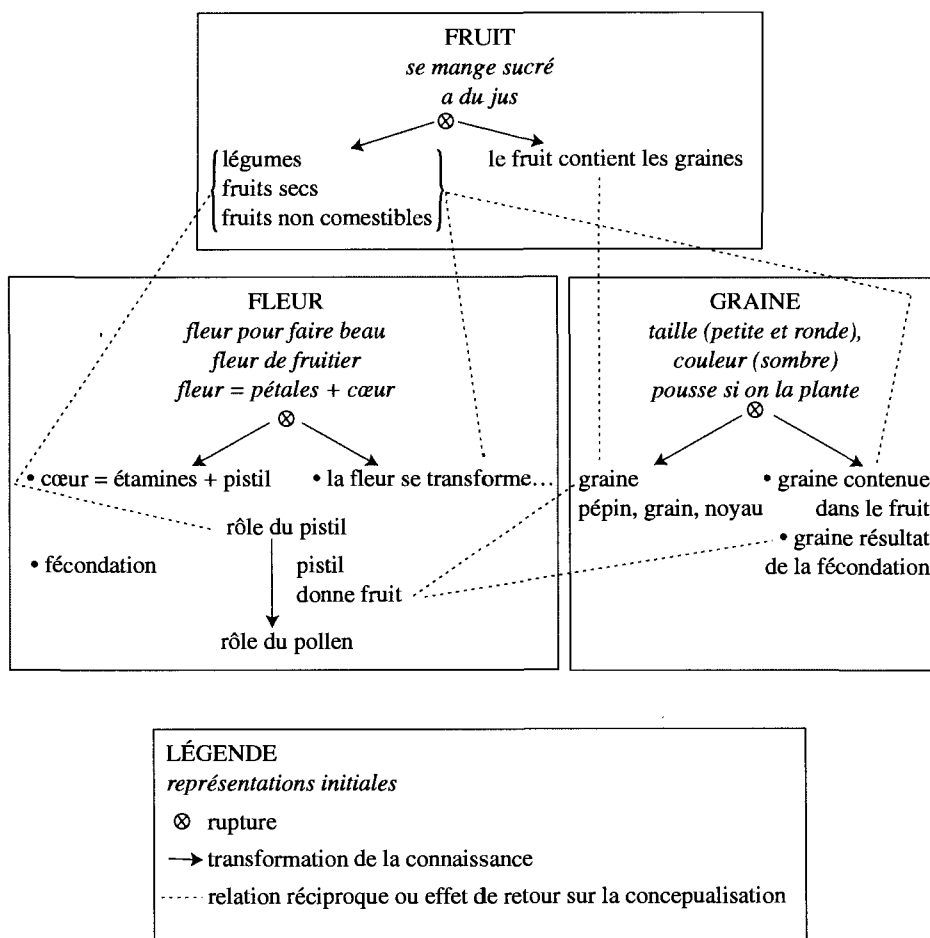
Les représentations initiales sur la reproduction végétale développées par les enfants correspondent à une juxtaposition d'états sans relation véritablement opératoire. Les théorèmes-en-acte quotidiens, en jeu dans les représentations initiales, ne permettent pas la mise en relation des concepts et des relations nécessaires pour une conceptualisation scientifique. Une *rupture* est nécessaire pour déstabiliser l'aspect quotidien et permettre à l'enfant d'évoluer vers le concept scientifique. C'est le rôle des actions didactiques.

Le schéma de la page suivante (figure 5) résume, pour chaque concept, les différents invariants opératoires (quotidiens et scientifiques) observés chez les élèves de 6 / 9 ans. Rappelons que les invariants sont :

- des concepts-en-acte (catégories qui permettent de prélever l'information pertinente en situation),
- des théorèmes-en-acte (propositions tenues pour vraies sur le réel).

les actions didactiques permettent la rupture des théorèmes-en-acte quotidiens...

Document 7. Les étapes de la conceptualisation



Ils permettent d'expliquer le glissement des représentations initiales vers une conceptualisation de nature plus scientifique.

Les relations développées entre les trois concepts sont le résultat des actions didactiques et témoignent d'un début de conceptualisation scientifique.

... et participent à la transformation de la connaissance tout en favorisant les relations entre les concepts

Ainsi, les actions didactiques menées sur le concept de fruit conduisent les élèves à développer de nouvelles relations entre le fruit et la fleur, le fruit et la graine. La graine n'est plus seulement l'élément initial du cycle de vie. Elle est aussi le résultat de la fécondation. Les différentes graines contenues dans les fruits consolident aussi le concept de graine.

Le travail sur la fécondation de la fleur renforce le concept scientifique de fruit (principalement pour les fruits non comestibles) et renforce aussi le concept de fleur sous l'angle morphologique.

Les invariants construits pour chacune des catégories s'enrichissent mutuellement en fonction des relations tissées par l'enfant.

5.2. Ambiguïté des mots

Au cours des actions didactiques, nous avons observé une difficulté, pour les élèves, à utiliser certains mots.

À travers les réponses des élèves se pose le problème de l'énonciation de propositions assertives car les stratégies employées par les enfants diffèrent selon leur niveau de conceptualisation.

une même formulation peut correspondre à un concept quotidien ou scientifique...

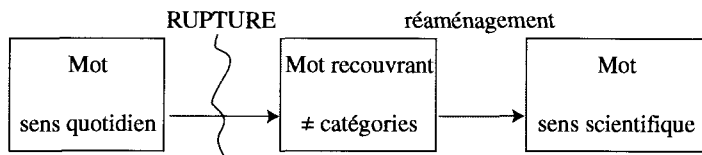
Une même énonciation peut recouvrir un théorème-en-acte reposant sur un aspect scientifique ou quotidien. Par exemple : *"une fleur donne un fruit"* peut ne recouvrir que les fleurs prototypiques de fruitier (il s'agit donc de l'aspect quotidien) alors que pour un autre enfant cette même formulation s'appliquera à l'ensemble des fleurs (et traduira un concept scientifique). Un élève qui évoque *"le cœur de la fleur"* peut représenter le centre sans fonction de la fleur (aspect quotidien) ou bien dans une optique plus scientifique, cette énonciation peut faire référence au pistil, en dépit du fait que le vocabulaire scientifique n'ait pas encore été mémorisé.

C'est pourquoi pour comprendre les enjeux de la conceptualisation et le niveau dans lequel elle évolue, il est primordial de faire référence aux cas particuliers qui donnent sens au concept, puisqu'une définition décontextualisée peut être d'ordre scientifique ou quotidienne chez les élèves.

... d'où l'importance des différentes classes de situations qui lui donnent sens

Une formulation savante peut donc être un leurre si l'élève n'a pas rompu avec les représentations initiales quotidiennes. C'est pourquoi c'est à partir des nombreux cas particuliers, relevant de différentes classes de situations auxquelles l'élève est confronté, que s'instaure la rupture.

Ainsi il y a ambiguïté des mots : graine, pollen, cœur, fruit. Ces mots n'ont pas le même sens selon que les élèves ont rompu ou non avec leur représentation quotidienne. On peut dire que les actions didactiques provoquent un glissement de sens qui se résume de la façon suivante :



Un mot quotidien ne devient pas facilement le terme générique d'un concept scientifique car l'enfant doit construire un sens nouveau et rompre avec le sens ancien. Il passe alors par une phase intermédiaire où il utilise le nom des différentes catégories comme nom générique. Par exemple : au lieu de dire "fruit" il dira "*fruits, légumes et gousses sèches*" ; pour "graine" il utilisera "*graines, noyaux et pépins*". C'est le niveau atteint à 9 ans, après action didactique, par la grande majorité des élèves.

La construction d'invariants opératoires repose sur des cas particuliers relevant des différentes classes de situations qui définissent le concept, et sur le questionnement qui les accompagne.

Si certains mots sont ambigus lorsqu'ils proviennent de la sphère quotidienne, le dessin quant à lui paraît un excellent indicateur des conceptions des enfants. Le dessin produit par l'enfant traduit bien les invariants opératoires qu'il utilise au moment où il le réalise.

le sens des mots
change en fonction
de l'évolution de
la conceptualisation

Les élèves souhaitent partager un vocabulaire commun de manière à pouvoir communiquer et à être compris le plus clairement possible. Aussi utilisent-ils l'énumération des catégories pour les mots dont la définition scientifique ne recouvre pas la définition quotidienne. En ce qui concerne le vocabulaire scientifique donné par l'enseignant (pistil, étamines, cotylédons, gousse...), il est utilisé relativement bien à court terme, mais ces mots sont souvent oubliés au CE2, bien que les théorèmes-en-acte scientifiques qu'ils sous-tendent demeurent. Lors des entretiens au CE2, les élèves peuvent à bon escient réutiliser ces mots scientifiques, s'ils leur sont proposés.

En conséquence, l'enseignant doit réfléchir au niveau de formulation qu'il demande aux élèves d'apprendre. Celui-ci reste non-opératoire s'il ne recouvre pas des exemples relevant des différentes classes de situations. La vigilance s'impose donc, principalement lorsque l'enseignant souhaite évaluer les connaissances des élèves.

EN GUISE DE CONCLUSION

Après action didactique, la construction des concepts scientifiques n'est pas pour autant finie. Il y a eu rupture des théorèmes-en-acte quotidiens, mais les représentations initiales ne sont pas pour cela totalement abolies. Nous retrouvons ici la prégnance des obstacles épistémologiques et lexicaux.

Spontanément, l'enfant fait référence à des situations quotidiennes, mais les relations anciennes entre les différents concepts existent encore. Les entretiens (avec effet de conflit cognitif) conduisent l'enfant à se placer progressivement sur

la conceptualisation de la reproduction végétale n'est pas terminée à 9 ans, elle nécessite plusieurs années de ruptures et de réaménagements successifs

le versant scientifique, surtout s'il y était parvenu durant les actions didactiques. Mais il n'y a pas ni stabilisation, ni automatisation de la connaissance scientifique. La conceptualisation de la reproduction végétale n'est pas terminée, elle doit être remise en jeu par des actions didactiques nouvelles qui participeront à leur consolidation. C'est donc sur le long terme qu'il convient de penser la construction et l'acquisition de concepts scientifiques, en aménageant les ruptures et les filiations indispensables au développement de savoirs cohérents et opérationnels. L'enjeu de la conceptualisation scientifique ne se situe pas au niveau d'une seule année mais de plusieurs.

Analyser la conceptualisation en classe à la lumière de la théorie des champs conceptuels de Vergnaud révèle que la conceptualisation de la reproduction végétale se construit selon un ordre partiel où les invariants opératoires scientifiques s'organisent en système. Les différences observées entre le sens des mots et les différentes catégories du concept nous renvoient au sens et à la signification du mot tels que Vygotski les a développés. Le concept scientifique ne se construit pas avec tous ses éléments d'un seul coup mais par des ruptures et aménagements successifs, ce qui permet de comprendre les différents sens développés dans la classe entre les élèves et le maître.

la conceptualisation, un enjeu cognitif mais aussi didactique

Si les études sur la conceptualisation paraissent indispensables pour la compréhension du fonctionnement cognitif des enfants, la prise en compte des variables didactiques l'est tout autant. La médiation au sein de la classe s'avère être un des vecteurs de la conceptualisation scientifique. De sorte que la formation initiale et continue des enseignants a un rôle considérable à jouer pour que ceux-ci permettent aux jeunes élèves d'être confrontés à de vrais concepts scientifiques. Et ce n'est pas en épurant et en morcelant les concepts, comme nous l'observons trop souvent dans les classes, que la construction des connaissances scientifiques se fera ; c'est principalement par la mise en évidence des relations entre concepts et de leur rapport avec les situations.

Catherine BOYER
IUFM de Versailles, centre d'Antony

BIBLIOGRAPHIE

ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. (1997). Stratégie de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25, 193-216.

BOYER, C. (1998). *Conceptualisation de la reproduction végétale à l'école primaire*. Thèse sous la direction de G. Vergnaud, Université Paris V.

JOHSUA, S., DUPIN J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.

RUMELHARD, G. (1997). Travailler les obstacles pour assimiler les connaissances scientifiques. *Aster*, 24, 13-35.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherche en didactique des mathématiques*, 10, 2-3, 133-170.

VYGOTSKI, L. S. (1934-1985). *Pensée et langage*. Paris : Éditions Sociales.