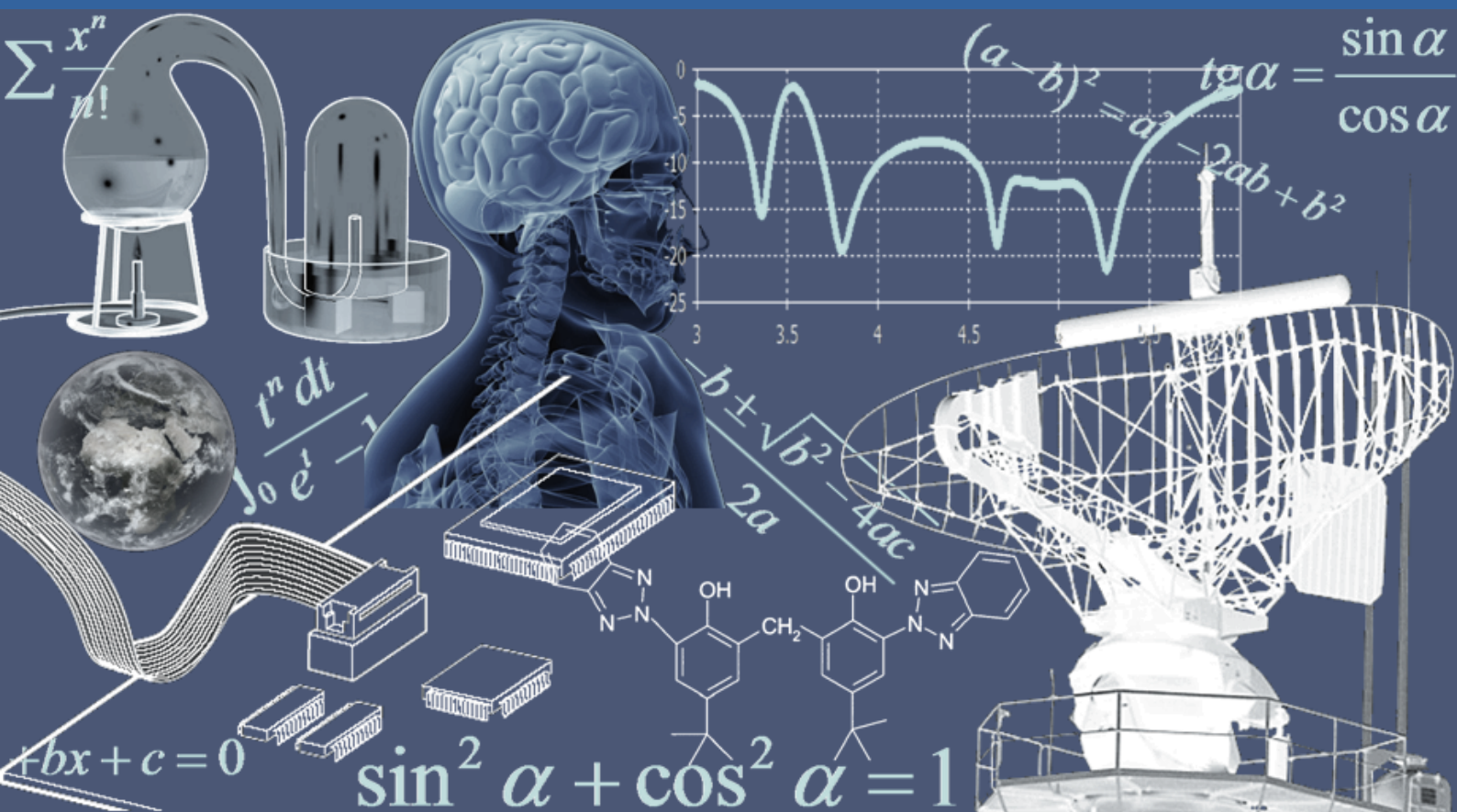


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 21 N. 4 November 2017



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

Increasing Motivation in Students Reading Competence in Alicia Guerra Public School (3rd Grade) <i><u>Santa Cabrera, Olga Lidia Lejet, and Luisa Noa</u></i>	547-573
Etude Ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le département du Haut-Nkam (Sud Cameroun) <i><u>Emmanuel MPONDO MPONDO, Siegfried Didier DIBONG, and Mariella POUHA</u></i>	574-595
ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DES SITES D'HABITATIONS INCONTROLEES ET DEFIS A LA GESTION DURABLE DES TERRES MARGINALES URBAINES A KINSHASA-SUD/RDC <i><u>Jean Willy Ndemi Kyling and Constantin Lubini Ayingweu</u></i>	596-602
UTILISATION DE TERRES MARGINALES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LA COMMUNE URBAINE DE KISENSO A KINSHASA <i><u>Jean Willy Ndemi Kyling and Constantin Lubini Ayingweu</u></i>	603-611
LA SELECTIVITE DES MINERAIS ET SON IMPACT DANS LAPRODUCTION DES CONCENTRES DE CUIVRE PAR DMS : CAS DE LA MINE A CIEL OUVERT DE SHABA <i><u>Jean Paul KAYEYE MAHAMBA and Flory Kiseya Tshikala</u></i>	612-621
Mathématiques et systèmes formels dans le sillage du projet gödelien <i><u>A.-Roger LULA BABOLE</u></i>	622-629
Incomplétude et intelligence artificielle <i><u>A.-Roger LULA BABOLE</u></i>	630-634
L'incomplétude et la mécanique quantique relativiste <i><u>A.-Roger LULA BABOLE</u></i>	635-639
THEOREME DE GODEL <i><u>A.-Roger LULA BABOLE</u></i>	640-655
CONDITIONS DE VIE SOCIO-ECONOMIQUE ET PROBLEMATIQUE DE LA CONTRIBUTION DES POPULATIONS RIVERAINES A LA CONSERVATION DU PARC NATIONAL DE LA COMOE (PNC) EN CÔTE D'IVOIRE <i><u>Valoua FOFANA and Mariam CAMARA</u></i>	656-673

Increasing Motivation in Students Reading Competence in Alicia Guerra Public School (3rd Grade)

Santa Cabrera, Olga Lidia Lejet, and Luisa Noa

Universidad Domínico Americana, Santo Domingo, D.N., Dominican Republic

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Increasing third graders motivation in reading competence in Alicia Guerra public School through the application of several traditional strategies, used from different perspectives and the implementation of different strategies to improve reading skills is the purpose of this project. In the 21st century, the involvement of technology in the education system is an essential part of students' academic development. Technology plays an important role in students' daily life nowadays, however its usage in education have created a great impact in students learning, and a profound hit point in reading, because this is one of the first skill that everybody need to manage; before getting emerged in the technology's world. The rapid spread of electronic communications has the capacity to affect the quality and efficiency of basic education throughout the world in dramatic ways – both positively and negatively. The ease with which teachers and students can gather information over the Internet on virtually any topic has the potential to transform instructional content and pedagogical practice. Moreover, courses developed by the best teachers in one country can be made available to students across many countries. The first phase of this project consists in apply a survey to the teachers of the school that are in charge of the third graders and those who involve the reading into their routines and main content. Secondly, the implementation of the strategies will be initiated, starting from simple things to the complex, some of them related to technological resources.

KEYWORDS: Motivation, Students, Reading Competence, Alicia Guerra Public School.

INTRODUCTION

From time to time people have wondered why reading is important. There seem so many other things to do with one's time. Reading is important for a variety of reasons (Davis).

Reading is important because it develops the mind. The mind is a muscle. It needs exercise. Understanding the written word is one way the mind grows in its ability. Children's reading literature indicates that reading achievement skills such as word reading, no word reading, reading fluency, and reading comprehension are important components of reading (National Institute for Child Health and Human Development, 2000). There is limited research on these achievement constructs with struggling adult readers.

Researchers comparing struggling adult readers to children often use word reading to match participants from the two groups (e.g., Greenberg; Read, Thompsons & Binder, 2003).

The fact that the adults are reading at levels comparable to children highlights the deficits these adults have in word reading. However, compared to children with similar word reading levels, adult readers have a relative strength in orthographic skills such as sight word reading (Greenberg et al.; Thompsons & Binder). Teaching young children to read helps them develop their language skills. It also helps them learn to listen. Everybody wants to talk, but few can really listen. Reading helps children focus on what someone else is communicating (Davis).

Reading achievement in 3rd grade is vitally important because comprehension for information text is a new challenge for students. Due to the effort and persistence needed to comprehend text, instruction must address students' motivational as well as their cognitive needs for reading text and learning, the National Center for Technology Innovation (NCTI) has identified

current technology-based approaches that help students with reading disabilities (RDs) develop abilities to read and comprehend text. And the implementation of some computer-based technologies, software programs, and portable computerized devices that support reading outcomes, approaches for improving access to reading print-based books. However, with the increased use of computers in general education classrooms and the increased availability of instructional materials in digital formats, computer-based approaches have become more flexible and therefore are able to address more learning needs of students including the reading needs.

Before starting going profound in the field of improving reading skills at Alicia Guerra School there are some questions that we need to think about, such as:

1- *Is a process established in the school for classroom teachers, and special educators to collaborate on reviewing the possibilities and recommending uses of technology to enhance reading instruction?*

After the evaluation of the features that infer in reading low performance, the teachers that are familiar with the assessment of student's special needs and the integration of technology in the class for asses different learning styles, they analyze the problem, what's the issue, and which are the possible factors that cause the problematic, after that, starting from those factors, they create a plan to avoid the phenomenon, and see if technology is a good way to strengthen that part of the learning and teaching process

2- *Which technologies (hardware and software) are available in your school to support reading instruction? How are they currently being used? How are teachers prepared to use them effectively?*

Computers are the basic technological device in improving reading skills at the school in which this project developed. It has 11 computers equipped with all the parts needed (mouse, keyboard, speakers, and headphones) and are essential in the process of implementation of this project. The computer is used to boost the apps and to provide information about how they feel using those apps, both, outside and with the support of the parents they will use some specific apps that the teacher will recommend increasing student's motivation and involve them in intensive reading.

3- *Which of the five components of effective reading instruction (phonemic awareness, phonics, fluency, vocabulary and comprehension) need to be strengthened in your school?*

Which technologies can enhance these components? Reading fluency also seems to be problematic for struggling adult readers (Winn, Skinner, Oliver, Hale, & Ziegler, 2006). Mudd (1987) compared struggling adult readers to two groups of reading age-matched children. One group of children included skilled readers whose actual age was less than or equal to their reading age while the other group of children included less skilled readers whose actual age was at least two months' greater than their reading age. Mudd found that the struggling adults read faster than the less skilled children but slower than the more skilled children.

After made the evaluations of the 3rd grade students at Alicia Guerra School, have been identified a low reading comprehension. Reading comprehension also poses a problem for adults struggling with reading. In fact, struggling adult readers have difficulty on a variety of reading comprehension tasks that resemble real-world uses of literacy (Kutner, Greenberg, & Baer, 2006).Chall (1994) hypothesized that adults struggling with reading comprehension may simply lack the basic skills such as word reading, no word reading, and reading fluency necessary to read at a level required for comprehension. Reading comprehension skills and a poor acquisition of vocabulary has been identified in terms of reading material, other thing that the evaluation and the teacher's interviews has manifest is the pronunciation problems that the 3st graders present and the fluency issues, with the intention of correct those weaknesses, during the implementation of this project will be use address activities as focus on the improvement and support of those areas, with different perspective in order to assess each learning style with the use of differentiating instructions.

4- *How is your school providing reading instruction to students who are reading below their grade levels? ESL students? Special needs students? How can technology support teachers in helping these students ?*

This project work in delivering instruction in ways that meet the needs of auditory, visual, and kinesthetic learners. And trying to tap into students' personal interests, to motivate them to read and keep the routine of reading, to comprehend, and add the technology media to complement and assess students with specials needs, and using apps like , Speech with Milo: Sequencing (Improve common narrative comprehension by improving fluency with sequencing (chronological, narrative, etc.)), Brain POP Featured Movie (High-quality, animated content with assessment across content areas.), Compare A Twist (Use compare and contrast practice to improve fluency and comprehension, and general academic progress. Teachers can create their own lessons, comparing and contrasting everything from musical genres and cell types to geometric shapes and Shakespearean sonnets.) Etc. Using these apps and programs students feel comfortable and free to develop their reading ability by themselves with the support of the teacher and the computer help.

5- *Is information being provided to parents about how technology can help their children learn to read both at school and at home ?*

All information about students' progress and students' difficulties is provided to parents most of the time in written paper or a face-to-face meeting, with the integration of technology the school has integrate the parents too, to have a biggest coverage of students development, and parents have the idea how to help their kids to want to read or feel motivated while they are reading, and help them in the selection of reading material according to their interest.

By implementing these project students will be benefit in many ways as better writing skills, mental stimulation, comprehension, vocabulary improvement, analytical skill, concentration, better reading skill, entertainment and so on. Also the teacher will be more connected with the student's learning process and assess them using different kind of strategies.

The usage of assistive technology from teachers provide flexible learning experiences and supporting ongoing assessment to students, also can support both students' engagement in the classroom and their independence in completing class activities and assignments.

At Alicia Guerra School, the third graders have been shown a low performance in activities related with reading skills. They have been working with different reading materials in a variety of subjects in which they supposed to demonstrate a level of interest that they already haven't been showing.

In order to investigate the possible causes, a survey, to collect information, has been applied to the teachers of that school who involve reading into their teaching routines. The results of this survey show a list of possible causes of why those third graders have a low performance in reading, some of them are:

The use of traditional methods to teach; traditional teaching is concerned with the teacher being the controller of the learning environment. The traditional teacher views that it is the teacher that causes learning to occur (Novak, 1998).

Nowadays, teachers should be aware of the student's needs, depending on their age and level. It means that every single aspect of the pedagogical practice is based on how to fulfill what those students are required to know.

Teacher objectives must to be clearly defined, in terms of how the teaching is going to be conducted and what specifically is expected from the students. In this way they will feel more comfortable and identified with their learning environment and how the teacher guides them to acquire knowledge.

For many years the educational system and also teachers, have been more interested on results and grades from the student's work, instead of take into account how the students face their learning process and the development achieved. In many cases, students are afraid to fail and get "bad" grades because all the emphasis and effort is based on that. Good students get good grades and vice versa. Sometimes this is not that way, there are many students who are shy or may do not like to be exposed in front of their peers and

because of this they are not so active in classroom activities; it does not mean that they are bad students or are not interested on learning even though they get bad grades.

For those many reasons, it is important to be an open mind teacher who provides an effective learning environment to the students trying to do not label them and getting their best. Also accept suggestions from the colleagues on how to a better teacher and ask for help if needed, is a great option to consider.

Teaching should be focus on skill building, cooperative learning and formative evaluation. Students are open to learn new things all the time, specifically third graders are curious and are facing an age and level in which they want to discover anything around them. Skills could be learned and acquired through the learning process provided for the teachers using the most appropriate strategies and activities to engage the students.

If teachers teach this way, that learning process is going to be more productive allowing the students to apply the knowledge to their real life.

There are many students who learn better from their peers or working in groups to share what they know. They feel more open to ask, refuse or agree with something.

Teachers should offers to students the opportunity to work cooperatively with their partners; through this is possible to assess the students in many aspects such as values (cooperation, responsibility, respect for other's opinion, friendship, etc), critical thinking skills, leadership, etc.

Traditionally, the way of evaluation that teachers use is based on activities and tests which have specific grades or points and the students should to do their best in order to get the best. It is a summative evaluation that sometimes creates problems

in student's performance because they feel pressure from teachers, are afraid to fail or simply the grades they got were not enough. Related to this, a combination of summative and formative evaluation could be helpful. Using formative evaluation, teachers can evaluate the students not being focus only on the grades and results, also giving importance on how the learning process occurs to be aware of the student's strengths and weakness. Students can receive feedback from teachers of how they are doing, what is right and what needs more effort.

The education system has changed so; teachers and students should do the same, adjusting their roles to what is expected from them in the 21st century.

An inappropriate environment to create interest on students is another reason of the low performance in reading in third graders. Students like to be in classrooms in which they feel comfortable, identified and motivated to learn; in this case third graders require this to be interested and get engaged on the learning process.

It is difficult to many teachers to create an appropriate environment for the students, may because of lack of creativity, interest or resources. But is vitally important to offers to students, especially kids and young ones, a classroom in which they could find themselves, look around and see interest things, explore new things inside and discover other outside the classroom.

Classrooms are supposed to be decorated according to the topics, have enough light, a specific sitting arrangement, didactic spaces, etc. Those things should be creative to get the students interested; but remember "not exaggeration", it could have an opposite or negative result. If the classroom is full of decoration, students can be distracted.

On other hand, it is not only about the inside learning environment; teachers also can assign outdoor activities using places in which students can explore and apply the knowledge in many ways.

A number of factors contribute to a positive learning environment for your students. Three of the most important ones are: Core Ideals, Ambience, Expectations and Relativity (<http://www.footprintsrecruiting.com/teacher-community/blog/how-create-positive-learning-environment>)

Core ideals determine which standards and values are developed in the classroom. These are defined for the teacher and allow the students to know what is expected from them to do and behave.

As mentioned before, ambience is crucial in the creation of a positive learning environment. Teachers can integrate the students in the decoration of the classroom asking them for help and funny ideas. Learning environment should be dynamic.

If students know what they must to do and how to behave as early as possible, classroom management issues are going to be avoided. This is the importance of establish clear classroom expectations.

Relativity allows teachers to learn from their students. Each person has something to teach to others and also learn from them. Teachers do not know everything and is important to be open to learn positive things from everybody.

To continue, **the lack of significant activities** to engage the students on the content presented is another possible cause of the low reading performance of third grade students. Each type of content or information to teach requires the development of some activities to check for understanding, to evaluate the student's learning or may to make the class more dynamic. If teachers try to find class activities in which the students can feel identified becoming the learning process in a funny and interesting experience, the outcomes will be better.

Nowadays, many teachers base their pedagogical practice in patterns used many years ago; but it is necessary to be updated about the changes of the education system and try to fulfill the needs of the present society.

Specifically in reading, teachers have a bunch of options to implement interesting activities to make the students be on task and participate actively. Depending on the topic, type and purpose of the reading, student's interests, objectives of the teacher, etc.; it is possible to develop many types of activities.

The students should be extrinsically motivated to learn, and this is going to be possible if teachers are well prepared to teach a specific level. The level and age of the students, determine how the motivation aspect is conducted and what is appropriate or not to do.

On other hand, after this survey and a continuum observation of those children during their classes and with different teachers by the participants of the project, the motivation is the common factor noticed and discussed. Therefore, this research is designed to involve students into the reading world and show them that reading is an amazing experience that can provide to them knowledge, reflection and passion for a different world. It's also oriented to chronicle students' acquisition of engagement, motivation, interest and reading skills as they learned concepts in an inquiry context.

The objectives of the present project will be: Implement varieties didactical materials in reading activities; improve skills in reading aloud; develop critical thinking and reading comprehension; increase students writing skills. Starting from the previous objectives presented a number of considerable questions have risen in order to accomplish the objectives of it, such as: what type of didactical materials will be implemented and how will be incorporated those materials with the strategies?

What type of strategies will be integrated to improve reading aloud? How students will develop their critical thinking and reading comprehension? What type of strategies will be introduced to increase students writing skills?

Reading is an essential part of language instruction at every level because it supports learning in multiple ways (Natural Capital Language Resource Center). The learning process is followed by the introduction and application of materials, strategies and special tools (technological devices).

Through the learning process and application of this project some strategies will be used in order to increase student's interest in reading, those strategies will be: allowing time for silent reading, the children will have a specific time to read by themselves during this time they will comprehend, analyze and summarize in their minds what they have read; offering a choice of reading materials, into the reading materials that will be involve in this project some books and comics have been selected to offer students a diversity of resources from which they can choose and enjoy its content; sharing of literature read with and by children, kids will explore the literature world in order to learn about important characters; providing appropriate adult modeling of reading, teachers should model and demonstrate to students how to read some type of reading, for example comics that contain expressions and characters special voices, kids supposed to read using a different intonation; technological resources as Apps and WebPages will be used during the development of the project; WebPages like: <http://henryanker.com/>, <http://mrnussbaum.com/>, http://www.ourclassweb.com/sites_for_teachers_readers_workshop.htm, http://www.onlineaudiostories.com/all_store/the-cat-that-walked-by-himself/, <http://www.readwritethink.org/files/resources/interactives/acrostic/>, also, Apps that will be used are Kids Learn to Read, Sight Words to Help Kids Read.

Increasing Motivation in Students Reading Skills of 3rd Grade at Alicia Guerra School is a project designed to rising student's motivation in reading skills, through the use of: traditional strategies, but in an innovative way and the implementation of technological resources. This project will be delivered to a group of 10 students of 3rd grade and it will be developed in 6 weeks between March and April 2016. One of the project's challenge is to use those traditional methods, activities and resources in a more effective way and to involve into the process technological materials that increase student's interest in reading.

The project will receive support from the school teachers' staff through its implementation. During the application and assess of the strategies, those teachers will introduce into their daily routines some of the proposal strategies included in the development of this project, in order that the effectiveness of the project can be evaluated from different perspectives. Also, the school will be involved of this project: facilitating materials, allowing time for the personal in charge of the project can spend time of the grade established and the institution will allow permission to use the computer lab.

Increasing Motivation in Students Reading Skills' project will be applied for 6 weeks, as follow: the first and second weeks will involve activities in which students should use and apply their reading comprehension skill that is students will show weaknesses and strengths in reading comprehension, also some technological tools will be introduced; during the third week, students will participate in some activities related with analyze and comparison; the fourth and fifth weeks will implicate technological tools and resources, WebPages and Apps will be used to develop certain abilities to read and also some online games will be explored; the sixth week will include the evaluation of the project's effectiveness. A survey will be applied to the students in order to complete the final data collection.



THIRD GRADE STUDENT'S PROFILE

The Class Learning Profile Template helps you better understand your students by identifying and noting their strengths, weaknesses, and preferences. The idea is to highlight the particular student talents, weaknesses, or interests that could facilitate or hinder the effectiveness of your teaching (*David H. Rose, Anne Meyer, Nicole Strangman and Gabrielle Rappol, 2002*).

All students have different perceptions and are interested in a variety of things; those things depend on their age and level of knowledge. It is crucial for teachers to know and be identified with the needs and interests of their students in order to get the best from them and provide a productive learning process in which the information and knowledge learned can be applied or use in different aspects of their life.

DEVELOPMENTAL PROFILES FOR THIRD GRADE STUDENTS

PHYSICAL DEVELOPMENT

- This is generally a very stable age/stage.
- Small muscle coordination (using muscles of the wrists, hands, and fingers) is consolidating, making reading and writing easier.
- Physical health is usually good with fewer illnesses and reported aches and pains.
- The child typically enjoys rough-and-tumble type activities and may have more accidental injuries-- broken bones, etc.
- Often enjoys "dirty" words or stories, though usually secretive and less comfortable in sharing such things with adults.
- Interest in sexuality continues, but is typically covert (not openly shown). Large muscle coordination (e.g., jumping, running, etc.) has become a "joy" with the child enjoying doing bike tricks, gymnastics moves such as cartwheels, flips, etc. and outdoor activities.
- Physical play may take on gender specific characteristics, but limitations should not necessarily be encouraged (e.g., boys play football, girls dance).

EMOTIONAL DEVELOPMENT

- The child frequently takes on too much, but then grows anxious. In the newly found ability to see self as others might, there is a tendency to over dramatize failure.
- The child frequently has great beginnings and loses steam before completion.
- It is helpful for adults to assist a child's efforts by providing energy toward the end of any project he attempts. This will help the child experience the good feeling that comes from following through with efforts.
- The child has often reached an emotional plateau with fewer fears and has less of a focus on gruesome things and fantasy and instead centers more on reality and truth.
- The child appears ready for any and everything, but the tendency to be easily hurt is close to the surface.

PHILOSOPHICAL/MORAL DEVELOPMENT

- There is typically a real understanding of goodness and badness or right and wrong and child will express a belief that some actions or people are bad and some are good.
- This is generally a time when parents take credit for the behavior and compliance as well as the good nature that is natural for a child this stage.
- Moral reasoning is very black and white, with the focus primarily on self...the reason to avoid doing wrong is to avoid being punished or viewed as bad.
- The Golden Rule notion of treating others as you would like to be treated is beginning to be formed. Children often tattle and express: "That's not fair!"

SOCIAL DEVELOPMENT

- Child is actively growing in terms of social development.
- Being less self-centered, the child is ready for a real relationship with someone other than family members-- usually a "best friend."
- The relationship with at least one parent tends to be strong. The child demands to be personally valued and understood and expresses a need for closeness.
- Sibling relationships usually do not show much change. The new ability to see another's point of view does not usually extend to siblings, so fighting, tattling and jealousy with siblings continue.
- There is a tendency for many children this age to experience envy and possessiveness.

INTELLECTUAL/COGNITIVE DEVELOPMENT

- The child is often fascinated with real world animals, stars, and science in general.
- Children who are behind in school seem willing to relearn tasks missed. Review to firm up previously learned skills will usually be appreciated.
- The child is firmly able to use concrete operations (the ability to use logical reasoning rather than relying on perceptions).
- Can follow a sequence of events, even when they are not linear.
- Child can mentally isolate variables and mentally reassemble variables to solve a problem.



IMPLEMENTING A PROGRAM IN THE CLASSROOM

Generally, teaching strategies help teachers to be more responsive about student's needs and be aware about how students are being prepared to face and play their role within the society.

A teaching strategy will be effective or not depending on how teachers conduct and present them to students. As facilitators they should have an optimistic and respectful attitude to implement any type of strategy to get better results from their students and also to achieve what is expected.

The effectiveness of a strategy will be determined for its appropriate use, it should fulfill the needs of the majority of students not only few ones and be related with the interests, level of knowledge, age and motivation of them.

The strategy to be used with a specific group of students must to be analyzed in order to work with a well selected one.

It does not matter if the strategy is innovative or not, the important point is that it should be adapted to the student's needs. May a teacher can implement a new and dynamic strategy to his or her students, but that strategy is not appropriate for the group; the results are not going to be good. The students can feel less motivated and not to participate actively in their learning process.

To continue, this project is going to show four methods as strategies. These four methods of encouraging students to read are simple because is part of the traditional education but is going to be developed in different ways. Those ways consist in many activities in which students are going to be engaged in the reading time, management of technological resources, use of accessible didactical materials and facilities to learn.

These strategies are: Allowing time for silent reading, providing appropriate adult modeling of reading, sharing of literature read with and by children and Offering choice of reading materials.

ALLOWING TIME FOR SILENT READING



Reading has important function in Third graders because develop the mental cognition, proficiency and crucial factor for a student's future academic success. Also, the students' reading attitudes, motivation, fluency, comprehension, writing skill and so on.

According researchers, silent reading has evolved into a number of different names and definitions during years. Silent Reading is defined as an in-classroom reading activity in which students are given a certain amount of time to silently read self-selected material for pleasure or information as a way of cultivating a love of reading without assessment, skills work, monitoring, or instruction from the teacher (Garan&DeVoogd, 2006; Yoon, 2002).

Silent Reading involves increased collaboration among students and teachers and is defined by the following five characteristics: "Teachers provide guidance in the student's' text selections, students keep records of what they read, students reflect on what they read, and both teacher and students participate in mini -lessons and discussions from time to time" (Trudel, 2007, p. 309).

According researchers, they have shown that when students are given choices in selecting texts, they are more motivated to read. More motivation leads to more time spent on -task reading. Additionally, the theory of self -determination and intrinsic motivation explains that children's' desire to learn is stimulated by a natural curiosity while the self -determination theory suggests that children are motivated when given choice and ownership in what they read. Both theories correlate with cultivating a love of reading. Therefore, silent reading was originally developed to promote a love of reading while simultaneously supporting student achievement in reading (Yoon, 2002).

In addition, under the Constructivist Learning Theory, learning is viewed as an active process and different for each learner. Students often make sense of ideas on their own while the teacher guides learning. Readers actively build comprehension through the texts they read along with prior knowledge, or schemata (Skivey, 1989). In other words, one way to engage students in reading is to allow them to read interesting texts (Yoon, 2002).

According Alison Rosseau 2012, researchers measured students' reading attitudes, motivation, fluency, comprehension, and test scores and the results and conclusions indicated that silent reading is effective in increasing students' reading attitudes. Researchers showed evidence that silent reading increases other areas of students' reading achievement, particularly when silent reading is altered. Recommendations for improving the effectiveness of sustained silent reading include promoting student choice and text variety, conducting more research, and modifying the practice.



PROVIDING APPROPRIATE ADULT MODELING OF READING



This project takes into consideration these strategies to engage the students in a traditional way. When students see teachers doing what they teach that's motivate the majority of students to put in practice what they have learned. This strategy includes methods which the adult uses to build relationships and to create an environment in which children feel secure and confident enough to take risks, to explore, to take part in challenging experiences, and to direct and co-direct their own learning.

In addition, modeling adult's strategy can help the students fluency and comprehension, when teachers read aloud and use appropriate phrasing, expression and pacing the students could get it and use it fluency in a correct way. Also, these aspects of reading for children they begin to develop an understanding not only of the ways that they can use fluency in their own reading, but also the importance of it for reading comprehension and writing during their life.

Adult modeling is essential for helping students, especially those in third grade, develop listening skill, because listening is the ability in which we receive and interpret messages in the communication process.

In addition, when students have listening problem they cannot understand and comprehend the message correctly and it could affect their communication skill.

SHARING OF LITERATURE READ WITH AND BY CHILDREN

It refers to how the learning is shared between students. Cooperative learning is implemented, which is the way the students help their peers to do their work. Conduct the students who finish their work to assist others; and also explain them something they do not understand.

A true cooperative learning experience requires a number of criteria. They are:

- Division of labor among students in the group
- Face-to-face interaction between students
- Assignment of specific roles and duties to students

- Group processing of a task
- Positive interdependence in which students all need to do their assigned duties in order for the task to be completed
- Individual accountability for completing one's own assigned duties
- The development of social skills as a result of cooperative interaction
- Provision of group rewards by the teacher (Advisor)

On other hand, sharing books is a gift that the project offers to third grade students from the time they get in touch with the reading aspect.

The project develop this strategy for many reasons, some of them are:

- Helps to create a special love for books
- Introduces children in a new world by illustrations
- Improve listening skills
- Prepare students to learn to read
- Enriches children's lives
- Give enjoyment to students

HOW TO SHARE BOOKS

- Find a comfortable place to sit
- Recite or sing rhymes from your favorite books
- Turn off other distractions
- Involve students by having him or her point out objects, talk about the pictures, or repeat common words
- Read with expression
- Vary the pace of your reading — slow or fast
- Have students select books to read

And remember...

- Be enthusiastic about books
- Be an example for your students — let her or him see you read books, too
- Keep a wide selection of reading materials
- Be aware of student's reading interests
- Give books as presents



(Rockets)

OFFERING CHOICE OF READING MATERIALS

Reading is an important part of a child's learning process and understanding process. Reading is a way for children to make connections between what they already know, what they read about in books and what they live. These connections help

children understand the world around them. In addition, through books, children are exposed to characters and cultures that they may not otherwise interact with in real life (Department of education, New Jersey 2010).

According those statements, this program will use Offering Choice of Reading Materials Strategy because selecting a book holds the student's interest about reading and gives them worth discussing with others what they read it is part of becoming a critical reader and help them to have a good proficiency.

In addition, when teachers provide time for students to sample the book choices as they decide which one they want to read, this help them to be focus and discriminate from what they want to read and do during their life.

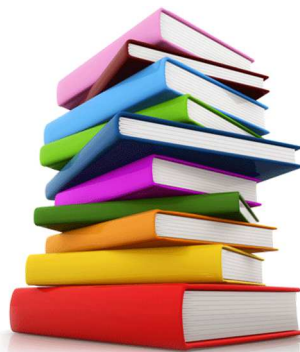
On other hand, when students select what they are interested to read or to do they will be engage with class activities because they are motivated with themselves or intrinsic motivation.

- Also, guiding students to make good choices for themselves, help them to be independent people because they need to think before and then act.

Do you want your students to read more? Let them select what they want to read. This project will use this strategy in order to have all students on task at the same time. Their learning experience is linked to their needs and interests.

According with have been observed, there are many top reasons for letting students choose books and at the same time motivate them:

- When students are given limited choices from a collection of books, it helps improve performance on standardized tests, particularly the reading comprehension.
- If students are free to select what they want to read, they will do it for pleasure.
- Reading what you decide to read, become you better writer.
- Allowing students to select what to read, let teachers to see what their students are interested. Then teachers can alter the lessons and activities to connect with the particular genre.



IMPLEMENTATION PROCESS

This section of the project refers to the process that will be followed in order to implement the strategies mentioned. Those strategies are:

- Allowing time for silent reading
- Provide an appropriate adult modeling of reading
- Sharing of literature read with and by children
- Offering a choice of reading materials

During the implementation of this project, 6 weeks will be spent. Each week is going to be divided in the following way:

- Reading time is going to be 3 days per week; Mondays, Wednesdays and Fridays for 45 minutes each.
- Many activities are going to be developed in which students could be involved in the reading process and emerge them in reading life.
- Technological activities are part of those activities too.

WEEK 1

ALLOWING TIME FOR SILENT READING

The idea of having students read silently for a predetermined amount of time has been very popular within early childhood education, this concept is almost laughable within the whole education; students need to have silent sustained reading in order for them to improve academically in a variety of ways. It is easy to think that reading for enjoyment has only an entertainment purpose, but there are more benefits than entertainment when students read what they like in a silent way.

PROJECT ACTION PLAN (WEEK 1)

DAY 1

Teacher is going to introduce the day class by talking about of reading importance, asking questions about why they think is important to read every day in their childhood and how that can help them in their future life. Also if they like to read, why and why not, which type of book they are interested on, and so on.

Then the teacher will communicate the students how the lesson is going to be conducted, explain a little bit about silent reading and show them the book that is going to be read that week.

The first day (Monday), students will read *“Mary la Estrellita de mar”* book, the reading time is 15 minutes. Each student sits alone and in silence spends the time reading carefully in order to comprehend better what the book is about.

After that, each student should to say to their partners what they like the most about the book, and what they don't like. Then, the teacher gives the opportunity to students to freely say their perception of the book in front of the class.

The activity mentioned before is called “Think pare share” which consist in a collaborative learning way allowing students to work together and solve problems or answers questions about an assigned reading. It is used with small groups and after reading. This activity requires:

1. Think individually about teacher requirements
2. Share ideas with peers or with the whole class

This project uses this activity because maximize the participation, focus attention and engage students in comprehending reading materials.

DAY 2

During the second day (Wednesday) the teacher reminds to the students about the past class, name of the book read, what they did, plot summary, etc. in order to make them get on task and engage with the reading activities developed.

The students are going to continue reading the book for 15 minutes more.

A short and simple essay about what they have been read will be asked for the teacher to students to do. In the essay, they will write about the book plot, characters and its relationship with the real life, also say if they have been experienced any situation from the book and which character they feel identified with. The essay will be done at the computer lab by typing it.

In the short essay, the teacher will take into account the student's written production and grammar, vocabulary and way of expression in order to assess how they are growing and learning.

DAY 3

The last day (Friday) the book is going to be read completely until the end, may it be necessary a little more time (20 or 25 minutes) of reading. The teacher motivates the students to continue reading and be interested to know how the story ends using persuasive words.

The activity of the day consists in make the students are in pairs to create a “funny final” for the book different from the real one. The intention of this activity is to see the reading comprehension, creativity and production's capacity of the students, also have fun during the learning process. Each pair of students is going to present their work to the rest of the class.

SHARING OF LITERATURE READ WITH AND BY CHILDREN**PROJECT ACTION PLAN (WEEK 2)**

This project sees this strategy as a good real tool to be implemented in the classroom; it refers to how the learning is shared between students. Cooperative learning is implemented, which is the way the students help their peers to do their work. Conduct the students who finish their work to assist others; and also explain them something they do not understand. This is a positive aspect that this strategy brings us and this is why this project takes into consideration.

DAY 1

Teacher is going to start the class sharing mini cookies with the students; while they are eating the teacher is going to ask questions about this mini activity as why they think share is important, how people share and what could be shared.

The teacher is going to divide the class into groups of 4; each group will read a different short book. After the reading, each group will select a member to switch to other group and share what their book was about. Then, the groups should to share to the rest of the class what the other group member told them about their book.

The groups will have the opportunity to add information if another one missed something about the story read.

BOOKS

- Cindy, la Patrulla Recicladora
- Super Niños
- El Abeto
- Las mariposas y la lluvia acida
- El rey Midas

DAY 2

The class will start creating a scenario in which the teacher is going to read a real situation of and the students should to think deeply about it. Then the teacher will ask them what their perspective of that situation is and propose possible solutions.

After that, the teacher ask to students to get in groups of 5, gives to them some sheets of paper containing short case studies; each group will have one. They should to read it carefully and analyze them in order to provide possible solutions or alternatives. Those alternatives will be presented to the rest of the class. They could select someone from the group to be the speaker.

Group 1

Physical bullying: Whenever Javier sits on his favorite bench on the playground, David tells his friends, "Watch this." David walks over to the bench and sits right next to Javier. Then he uses his body to push Javier off the end of the bench and onto the ground. David and his friends laugh at Javier, and Javier starts to cry (EDC, 2013)

Group 2

Verbal bullying: Grace visited the zoo last weekend and afterward she started calling the children in her playgroup by animal names. Grace called Erin "Hippo." Erin's face got red, and she left the playgroup to play by herself. Now, whenever Erin tries to rejoin the playgroup, Grace and some of the other kids call out, "Erin is a hippo," which makes Erin very unhappy. (EDC, 2013)

Group 3

Relational bullying: Shaquilla told her friends to stay away from Penny because “Penny isn’t cool.” Now, whenever Penny tries to play with Shaquilla or one of her friends, they say, “No, we’re too busy.” Penny feels left out and doesn’t know why they won’t play with her. (EDC, 2013)

Group 4

Relational and physical bullying: Stacy is the taller and thinner student in the classroom. Her partners used to bother her for her appearance and also, they avoid to share with her. She feels sad and angry. Sometimes she reacts a little aggressive because of their partners make fun about her. She feels worried because does not want to finish the school year that way. (EDC, 2013)

DAY 3

The teacher introduces the goal and description of the activity. This day the students are going to work in groups of 4. The teacher is going to provide 4 sheets of paper identified with a letter (A, B, C, D), each one is about a different topic but have something even though they are independent.

Each group will have one paper, read it in 5 minutes and write a summary or sentence of what that paper was about; then switch the paper with another group and do the same until each group have read the four papers.

At the end, each group should to write down what those four topics have in common and why. Their perceptions will be presented to the rest of the class in order to see if they coincide.

The intention of this activity is to know the level of comprehension of the students and their critical thinking abilities. Also provides students with opportunities to deepen their learning by applying concepts and articulating new knowledge and allows the instructor feedback about the students’ learning.

A

Recycling Basics

Recycling is the process of collecting and processing materials that would otherwise be thrown away as trash and turning them into new products. Recycling can benefit your community and the environment.

Benefits of Recycling

- 1 Reduces the amount of waste sent to landfills and incinerators
- 2 Conserves natural resources such as timber, water, and minerals
- 3 Prevents pollution by reducing the need to collect new raw materials
- 5 Reduces greenhouse gas emissions that contribute to global climate change
- 6 Helps sustain the environment for future generations

B

What is Pollution?

Pollution, we hear it every other day at school, college and read about it in newspapers. So what is it? Pollution occurs when pollutants contaminate the natural surroundings; which brings about changes that affect our normal lifestyles adversely. Pollutants are the key elements or components of pollution which are generally waste materials of different forms. Pollution disturbs our ecosystem and the balance in the environment. With modernization and development in our lives pollution has reached its peak; giving rise to global warming and human illness.

C

Animal habits

Animals require different amounts of space. Habitats can be big like a forest or they can be much smaller like a burrow. Some animals defend a huge territory or roam over a large area. Some other animals need only a small amount of space and can put up with neighbors that live close by.

Different animals need different habitats. A fish, for example, needs clean water in which to live. A grasshopper, however, needs a big space where it can hop and a variety of leaves that it can eat.

PROJECT ACTION PLAN (WEEK 3)

D

The Importance of Plants

The importance of plants to humans and just about all other life on Earth is staggering. Life as we know it would not be possible without plants. Why are plants so important? Plants supply food to nearly all terrestrial organisms, including humans. We eat either plants or other organisms that eat plants.

Plants maintain the atmosphere. They produce oxygen and absorb carbon dioxide during photosynthesis. Oxygen is essential for cellular respiration for all aerobic organisms. It also maintains the ozone layer that helps protect Earth's life from damaging UV radiation. Removal of carbon dioxide from the atmosphere reduces the greenhouse effect and global warming.

PROVIDE APPROPRIATE ADULT MODELING OF READING

DAY 1

The beginning of the class consists in make a circle with the students. The teacher will read aloud a big book using an appropriate intonation according with the situation and characters of the story, changing the voice tone, expressing gestures and emotions, moving around the classroom, etc. The book has many big pictures which the teacher will show to the students while reading.

After that, the teacher will have a box with cards in which are written the character's name. One student should to pick one and act out what that character did on the story; the rest of the students must to guess who is and describe some aspects of his/her personality. Finally the students will write something short about the character they like the most and explain why.

Free writing can offer students a way to discover the sound of their voice on paper or electronic devices. It can offer the experience of turning endless thoughts into a wonderfully written prose just by pure candidness. It can offer a new outlet for emotions, and last but not least, it can offer students a new level of pride in their own writing.

DAY 2

Before start the class the teacher will review the last activity and the students will write a reflection about the story, after that they will move to the computer Lab there the students will turn on the computer and will go to the <http://www.mundoprimaria.com/fabulas-para-ninos/> and will read the fable “El Tigre Hambriento y el Zorro Astuto”, before the students read the book the teacher will read the text aloud with the appropriate tone of voice and mood. After students read the text the teacher will give them a rubric and they will fill it.

DAY 3

The teacher will explain the importance of reading in the 21st century and which skills can be used to develop the reading strategies the 4 C’s (collaboration, critical thinking, creativity and communication) and will give example of these, after that the teacher will ask about the last class, and if they know what is a fable, as students respond the teacher will help them to construct a definition for them understand better of what is a fable, the teacher will bring to the class “The secret box” which consist in a closed box, in that “secret box” there will be different kinds of fruits, the students will create four groups of five, each group will have a leader and the leader will pick up four fruits from the box and will bring to the table group, then they will write a fable and a song about the fruits that they have, after every groups has finish they will read the story and sing the song for the class.

OFFERING A CHOICE OF READING MATERIALS**PROJECT ACTION PLAN (WEEK 4)****DAY 1**

Before to start the class, the teacher is going to ask about the last book that they read and what things liked and learned from that story. Then, she/he will introduce the strategy explaining its purposes. After that, she/he going to present different short books and they need to select what they want to read.

When the students select what to read, the teacher will give to them fifteen minutes to read it. Finished the fifteen minutes, they need to share what impacted them from the story. After this, the teacher will make an activity which is: Storyteller Activity.

Storyteller Activity help students to keep in their thoughts in order as he/she creates stories and fleshes them out starting with the beginning and continuing all the way through to the end.

THE ACTIVITY’S STEPS

1. Have the students use a marker to divide a sheet of paper into four sections.
2. Ask them to write the following words in the boxes (the words should be in order from top to bottom, left to right): First, Next, Then, Finally.
3. Have them think of the story that they were reading during the fifteen minutes. Encourage them to think of something that has happened to the story. They should write down notes on a separate sheet of paper.
4. Ask them to begin their story using the word already written in the box. They should have at least 3 sentences per box to help move their story forward. The first box should set up their stories; the second box will further the story and create suspense or a dilemma. The third box will resolve the dilemma and explain how it was resolved. The fourth box completes the story and may include further results or effects of what happened.
5. Encourage them to use descriptive words and create action to help further their story.
6. Have them read the story aloud when they finish. Do they think it sounds like a complete story? Does everything make sense to them? Are there any sentences they need to edit or remove?
7. When they finishes, have them read their story to friends or family.

DAY 2:

It will be the last day and the teacher will spend 45 minutes in a **Role Play** it will be the last project. **The Role Play Activities:**

Give students the opportunity to assume the role of a person or act out a given situation from the books read before. These roles can be performed by individual students, in pairs, or in groups which can play out a more complex scenario. Role plays engage students in real-life situations or scenarios that can be "stressful, unfamiliar, complex, or controversial" which requires them to examine personal feelings toward others and their circumstances (Bonwell&Eison, 1991, p.47).

The teacher will bring variety of costumes in a box after this the students need to select a costume. Then, the teacher is going to divide the classroom in some groups of 4 students; they need to write down their own dialog or story with good values, that part will spend 10 minutes. Later, the teacher is going to share sheet of paper with numbers from 1-5. According to the number that they got it will be the group presentation order.

Later, the groups should to make the story that they created and the rest of the group need to pay attention. At the end, all the class with the teacher need to reflect from the story's presentation groups and teacher is going to **share a snack** for their effort during the week and their presentation.

This is a real lesson plan applied from the first week until the fourth one. In this way the teacher should to organize all the activities to have a summary of what is intended to do. Example shown below:

**THE ACTIVITY'S STEPS**

After this activity, the teacher is going to guide the students to the computer lab and she/he will show them a web page (<http://teacher.scholastic.com/activities/scrapbook/>) in which they should to create a character they like, imagine or may they want to be using the tools provided in the page. After that, they are going to present their character and explain what it is that about and why they created it that way.

DAY 3**TOPIC**

Using my Imagination!

GOAL

Students will be able to Increase their Motivation and Imagination

OBJECTIVES

- Write down their dialogs
- Make reflections

THE ROLE PLAY ACTIVITY

It will be the last day and the teacher will spend 45 minutes in a Role Play it will be the last project. The teacher will bring variety of costumes in a box after this; the students need to select a costume. Then, the teacher going to divide the classroom in some groups of 4 students after this, they need to write down their own dialog or story with good values that part will spend 10 minutes. Later, the teacher going to share sheet of paper with a number from 1-5. According the number that they got it will be the group presentation order.

Later, the groups should make the story that they created and the rest of the group need to pay attention. At the end, all the class with the teacher need to reflect from the story's presentation groups and teacher going to share a snack for their effort during the week and their presentation.

RESOURCES

1. Variety of Costumes
2. Papers
3. Pencils
4. Snacks
5. Crayons
6. Scissors
7. Radio
8. Video tape
9. White board
10. Projector

WEEK 5

EVALUATION PROCESS

This week is just based on assess the students' learning process and its motivation about reading. Formative assessment will be used in the activities developed in this project.

The goal of formative assessment is to *monitor student learning* to provide ongoing feedback that can be used by instructors to improve their teaching and by students to improve their learning. More specifically, formative assessments:

- help students identify their strengths and weaknesses and target areas that need work
- help faculty recognize where students are struggling and address problems immediately

Formative assessments are generally *low stakes*, which means that they have low or no point value. (Center, 2008)

DAY 1

The students will go to the computer lab when the teacher is going to show them on the projector a picture of every book cover read during the previous 4 weeks. The students will be divided in groups of 5 and should to select which book they liked the most. After that, they will choose one of these activities to do: poems, songs, essays, conversations, dramatizations, new stories, acrostics or riddles, about the book selected.

At the end, they should to present it to the class.

DAY 2

This day the assessment is based on the creation of short stories using the imagination and what they have learned during previous weeks. The students are going to be into the same groups of the day before and should to type the story in the computer. The story will follow a pattern of beginning, climax and ending.

Also they could make drawings representing the scenes of their story in a template given by the teacher.

The next day, the teacher is going to prepare a Reading Fair in which the students will present their story using costumes, decoration, sound, projectors, etc. the teacher will help the students on everything they need to do it providing them extra support if it is necessary.

The Reading Fair will have guests from other grades to see what they have created. Also they will have a snack to have fun after the presentation.

DAY 3

During this week the teacher is going to report what he/she observed in the process, how the students growth and their level of motivation about reading.

The evaluation is going to be measured through a rubric applied at the beginning of the process and at the end in order to see their level motivation and academic development since the first day until the last one.

The rubric is a simple tool to assess specific factors as reading comprehension, critical thinking, motivation, written production and technological skills. Show below:

Legend: A) Motivation B) Critical Thinking
 C) Technological skills D) Reading comprehension

The observation was did day after day taking into account reading comprehension, critical thinking, collaboration, creativity, communication, use of technology, motivation, innovation, writing skills, aloud reading, etc. Also how the students got engage in the activities during the implementation process using the strategies: Allowing time for silent reading, appropriate adult modeling of reading, sharing of literature read with and by children and offering a choice of reading materials.

The capacity of the students to infer, look for key words, skimming, determine main ideas, creation of new stories, make connections, expansion of the vocabulary, provide solutions, paraphrasing, predicting, guessing, etc.

On other hand, the teacher observed that students start this process with a low interest because they don't used to read enthusiastically and for their own choice. Their reading time used to be bored and extended for that grade as consequence of lack implementation of strategies to motivate them, get engage and have fun during the reading process.

Third grade students showed low performance in reading, weakness in the abilities to read aloud and to comprehend texts. Also their interests about books were in low level; they see them as more things to do and not as didactical tool to be involved in a new world and explore different environments and people which who they could feel identified or be related with their real life.

Day after day the students were showing an increase in the motivation and participation in the activities. They felt interested on how the strategies were implemented, the creativity of the activities in which they could share with their partners and use their imagination to create. Their level of written and oral production was better.

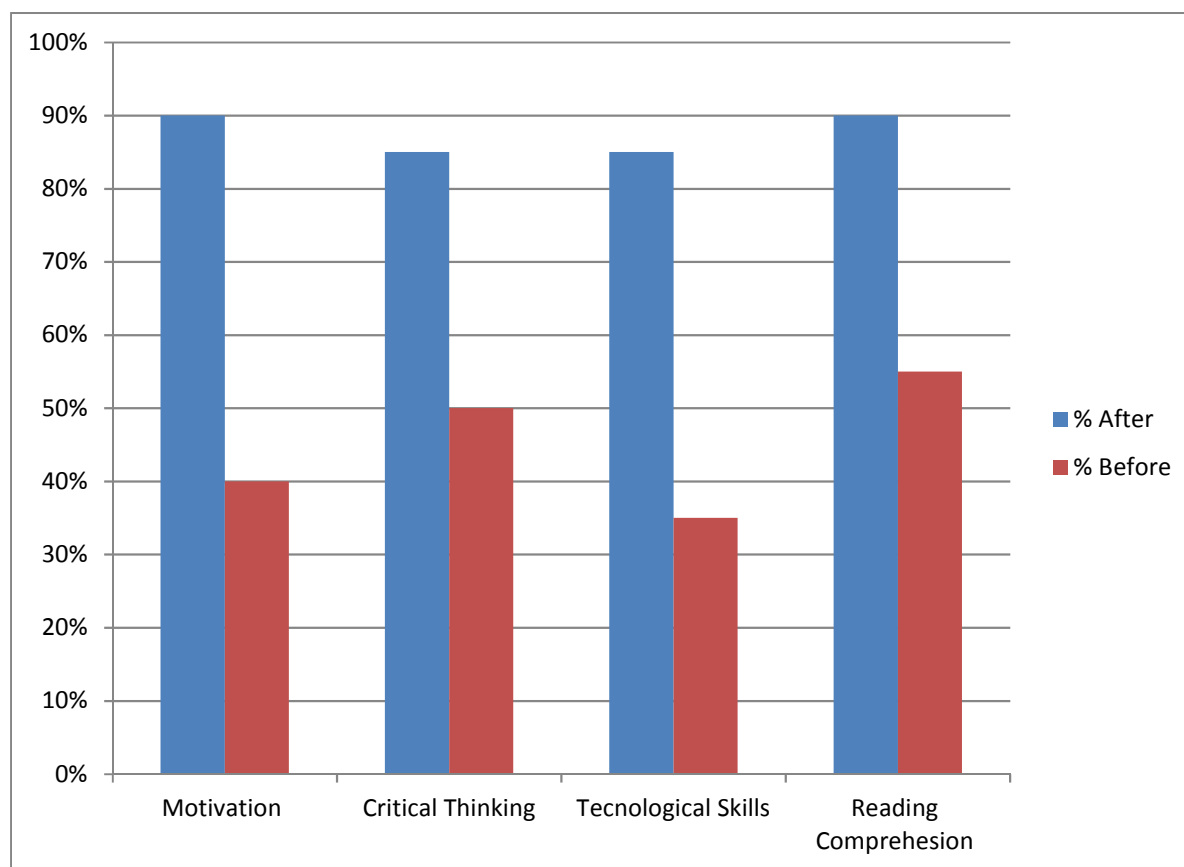
In their oral and written performance they putted in practice what they have learned about vocabulary in both inside and outside the classroom.

At the end of the process the students were benefit in many ways as; better writing skills, mental stimulation, comprehension, vocabulary improvement, analytical skills, concentration, better reading skills and entertainment.

To add, they exhibited initiative to read, it means that they asked the teacher what new is going to happen one specific day. They decide by themselves their group work according their preferences about stories and type of books.

The process was dynamic and helpful for the improvement in student's reading abilities. The results were appropriate and how were expected.

Graphic example of how the results will be presented below. This graphic represents the level of the student's reading skills before and after the process.



CONCLUSION

"Third grade marks a critical turning point in children's education, when they shift from "learning to read" to "reading to learn." Children who cannot read proficiently by the third grade, or who lack solid math and social skills, will struggle to master more demanding academic content in later grades, falling further and further behind. Achievement in third grade is a strong predictor of children's later academic and life outcomes" (Mead, 2009, para.5).

The implementation of this project will be significant in the student's reading habits because it is focus on increase the student's reading motivation. The outcomes will depend on the teacher's practical pedagogy and the pedagogical resources that they use to achieve the goals.

This project is useful in terms of the activities the students can do, such as share their ideas, opinions and socialize with their partners. It will develop the comprehension skill and critical thinking during the application. In addition, the student's selection of the books to read will help them to boost their reading ability and improve the relationship between teacher-student.

Other factor that makes this project meaningful is the use of technology during the experience time to motivate and stimulate reading comprehension, strategies and the production after reading, the use of technological resources that catch the motivation and interest of the students to maintain them in the reading process without stressing them.

Teaching children to read is both exciting and challenging. It is exciting because the gratification that comes from seeing a beginning reader pick up a book and read on his/her own is like no other experience a teacher can have. It is exciting to see older students become mature and accomplished readers. Teaching reading is challenging because there is so much knowledge that we have gained over the decades and knowing how to use this knowledge becomes critical. Teaching reading is challenging because it is controversial, especially at the beginning levels of instruction.

Much of the controversy about beginning reading has focused around phonics and decoding and how these jobs of reading should be taught. Teaching reading is challenging because even with all the knowledge we have, there are still many questions that we are unable to answer.

REFERENCES

- [1] Davis, G. (n.d.). *Learn to Read*. Retrieved March 25, 2016, from <http://www.learn-to-read-prince-george.com/why-is-reading-important.html>
- [2] Elizabeth A. Day-Miller and Janice O. Easton .(2009). A Comprehensive approach to needs assessment, project planning and implementation, and evaluation.From *Designing Education Projects* (1-91). US: NOAA.
- [3] Karen A. McDavid. (2004). Welcome to readers workshop. 2009, de Mr. McDavid's classroom website Web site: http://www.ourclassweb.com/sites_for_teachers_readers_workshop.htm
- [4] Linda Gambrell, Barbara Marinak. (2009). Reading Motivation. 2009 from Reading Rockets Web site: <http://www.readingrockets.org/article/reading-motivation-what-research-says>
- [5] *Natural Capital Language Resource Center*.(n.d.). Retrieved April 19, 2016 from <http://www.nclrc.org/essentials/reading/stratread.htm>
- [6] Winn BD, Skinner CH, Oliver R, Hale AD, Ziegler M. The effects of listening while reading and repeated reading on the reading fluency of adult learners. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*. 2006;50:196–205.
- [7] Mudd N. Strategies used in the early stages of learning to read: A comparison of children and adults. *Educational Research*. 1987;29:83–94.
- [8] Kutner M, Greenberg E, Baer J. A first look at the literacy of America's adults in the 21st century. (NCES 2006-470) National Center for Education Statistics; Washington, DC: 2006.
- [9] Chall JS. Patterns of adult reading. *Learning Disabilities: A Multidisciplinary Journal*. 1994;5(1):29–33.
- [10] National Institute for Child Health and Human Development . Teaching children to read: An evidence-based assessment of the scientific research literature on reading and its implications for reading instruction: Reports of the subgroups (NIH Publication No. 00-4754) U.S. Government Printing Office; Washington, D. C.: 2000. Report of the National Reading Panel.
- [11] Greenberg D, Ehri LC, Perin D. Are word-reading processes the same or different in adult literacy students and third-fifth graders matched for reading level? *Journal of Educational Psychology*. 1997;89:262–275.
- [12] Read C, Ruyter L. Reading and spelling skills in adults of low literacy. *Remedial & Special Education*. 1985;6(6):42–53.
- [13] Thompkins AC, Binder KS.A comparison of the factors affecting reading performance of functionally illiterate adults and children matched by reading level.*Reading Research Quarterly*. 2003;38:236–255.
- [14] <http://preventingbullying.promoteprevent.org/10-problem-solving-activities>
- [15] EDC. (4 de Noviembre de 2013). *Learning transforms lives*. Obtenido de <http://preventingbullying.promoteprevent.org/10-problem-solving-activities>

ANEXO



Third graders at Alicia Guerra School during reading time.



Alicia Guerra School



Alicia Guerra School's Logo



Computer Lab at Alicia Guerra School

INTERVIEW FOR TEACHERS

Responds to the inquiries with the statement that most identify your Reading habits.

1. How do you classify a typical section of Reading time?
 - A. Excellent
 - B. Good
 - C. Intermediate
 - D. Bad

2. How do you think the motivation can influence students to learn reading skills?
 - A. The motivation is essential because it helps to develop the student's good habits and increase their proficiency by reading.
 - B. The motivation increases the critical thinking skill and it helps to develop competences that support student achievement.
 - C. The motivation is not important to develop good proficiency and it does not help to improve good critical thinking because the teacher is who guides the students to read whatever book.

3. What type of materials do you use during this section and why do you use those resources?
 - A. Books, Comics and Fables
 - B. Newspaper, Magazines and Comics
 - C. Novels, Magazines and Fables
 - D. Other: _____
Why I use them: _____

4. Do you think these types of materials motivate your students to read?
 - A. Yes, because they feel comfortable and they are engaged to participate
 - B. Yes, because they participate and read what I assign
 - C. Yes, but they do it as an obligation

5. What type of strategies do you use to improve students motivation to read?
 - A. Read aloud and share what you learned
 - B. Read in silent and analyze what you read
 - C. Read a book and make role plays from the story
 - D. Others:

6. What are the weaknesses showed by your students in reading?
 - A. Minimal and often inappropriate help
 - B. Reading comprehension
 - C. Lack of motivation

7. What are the strengths shown by your students in reading?
 - A. Self- organized and interest
 - B. Extended vocabulary
 - C. Open mind and discipline
 - D. Others:

8. What is the most challenging about maintaining students reading motivation?
- A. Get the students attention and interest
 - B. Students read by themselves
 - C. Students reading comprehension

RESULTS

Most of the answers were A:

The reading time on this classroom presents great characteristics and provides an interesting environment in which the students can feel motivated and improve their reading skills.

Most of the answers were B:

Reading is developed appropriately and the students feel interested on learning new things, but it is necessary to improve the motivation in order to get better results.

Most of the answers were C:

Lack of motivation and inappropriate environment to create interest on students to read, are presented. The suggestion is to work hard on increase the student's motivation and apply different strategies to.

READING INTEREST SURVEY FOR KIDS

Responds to the inquiries with the statement that most identify your Reading habits.

What type of activity do you like the most while reading?

- a. Read alone
- b. Read in groups
- c. Listen when someone read to me
- d. Have a variety of reading materials

I enjoy the most to:

- a. Write about I read
- b. Share my ideas about the reading
- c. Create story
- d. impressions
- e. Readfiction and nonfictionbooks

I feel comfortable when I:

- a. Summarizewhat I read
- b. Make role plays
- c. Analyze the titles of what I read
- d. I read different type of books

I comprehend better what I read when I:

- a. Read individually
- b. Share the reading with my peers
- c. Listen others Reading to me
- d. Relate it to texts read before

Where do you get most of your reading materials?

- a. Library
- b. Friends
- c. Teacher
- d. Online

What type of stories do you like to read about?

- a. Faraway places
- b. Crow dedcities
- c. People like me
- d. Celebrities

Etude Ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le département du Haut-Nkam (Sud Cameroun)

[Ethnobotany study of medicinal plants used in the department of Haut-Nkam (South Cameroon)]

Emmanuel MPONDO MPONDO^{1,2}, Siegfried Didier DIBONG^{2,3}, and Mariella POUHA²

¹Département de Galénique, Faculté de Médecine et des Sciences Biomédicales, Université de Yaoundé I, B.P. 1364 Yaoundé, Cameroon

²Département des Sciences Pharmaceutiques, Faculté de Médecine et des Sciences Pharmaceutiques, Université de Douala, B.P. 24157 Douala, Cameroon

³Laboratoire de Biologie et Physiologie des Organismes Végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala B.P. 24157 Douala, Cameroon

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: An ethnobotanical study was set up to characterize the medicinal flora used in the treatment of symptoms, affecting the populations of the villages of Bana, Banka and TENCHIEU. The ethnobotanical surveys were carried out in French or local languages with 30 people for each village, using the survey forms. The study identified 104 species in 90 genera and 45 families. The most representative family was Asteraceae (19.83%). The plant species included twenty-four phytogeographic types, of which the Afro-tropical zone (34.44%) was the most represented. The morphological type that predominated was herbaceous (39.60%), followed by shrubs (34.75%). The dominant type of diaspore was that of the sarcochore (43.56%). The leaves were the most used parts. The oral route was the mode of administration par excellence of the said recipes. The decoction (48.47%) was the most used method of preparation. Factor of citations with values greater than 50% would evaluate the efficacy of certain medicinal plants for the treatment of identical symptoms in a village or other villages. Secondary metabolites were unevenly distributed in plants, with a predominance of alkaloids (36.53%), phenols (23.70%) and coumarins (21.15%). These plants constitute a database for evaluating their biological and chemical potentialities.

KEYWORDS: Medicinal plants, ethnobotany, secondary metabolites, potentialities.

RESUME: Une étude ethnobotanique a été mise sur pied dans le but de caractériser la florule médicinale utilisée dans le traitement des symptômes, affectant les populations des villages de Bana, Banka et Tenchieu. Les enquêtes ethnobotaniques ont été réalisées en langues française ou locale auprès de 30 personnes par village, au moyen des fiches d'enquêtes. L'étude a permis d'identifier 104 espèces réparties en 90 genres et 45 familles. La famille la plus représentative a été celle des *Asteraceae* (19,83%). Les espèces végétales ont compté vingt quatre types phytogéographiques dont la zone Afro tropicale (34,44 %) a été la plus représentée. Le type morphologique qui a prédominé a été les herbacées (39,60%), suivi des arbustes (34,75%). Le type de diaspores dominant a été celui des sarcochores (43,56%). Les feuilles ont été les parties les plus utilisées. La voie orale a été le mode d'administration par excellence des dites recettes. La décoction (48,47%) a été le mode de préparation le plus employé. Les facteurs de citations ayant des valeurs supérieures à 50% permettraient d'évaluer l'efficacité de certaines plantes médicinales pour le traitement des symptômes identiques dans un village ou d'autres villages. Les métabolites secondaires ont été inégalement répartis dans les plantes, avec une prédominance des alcaloïdes (36,53%), phénols (23,70%) et des coumarines (21,15%). Ces plantes constituent une base de données pour évaluer leur potentiel biologique et chimique.

(21,15%). Ces plantes médicinales constituent une base de données pour l'évaluation expérimentale de leurs potentialités biologiques et chimiques de.

MOTS-CLEFS: Plantes médicinales, ethnobotanique, métabolites secondaires, potentialités.

1 INTRODUCTION

Les ressources végétales occupent une grande place dans la vie de l'Homme. Ainsi, pour se défendre contre toute agression, il fait appel quotidiennement à ses systèmes de défense interne notamment son arsenal de cellules immunitaires. C'est alors que ce dernier a recours aux médicaments et nutriments qui sont susceptibles de stimuler ou de rétablir son équilibre. Parmi les sources de médicaments, il y a principalement les plantes médicinales qui restent une source inépuisable de drogues pour les hommes [1].

Selon l'OMS, près de 80% de la population dépend de la médecine traditionnelle, pour leurs soins de santé primaire [2]. En Afrique, l'inaccessibilité des installations modernes des soins de santé et des coûts élevés de la médecine conventionnelle ont favorisé une utilisation accrue des plantes médicinales. Au Cameroun, les populations urbaines et rurales se sont tournées vers les plantes médicinales pour résoudre leurs problèmes de santé.

L'environnement villageois a constitué un milieu appréciable pour la conservation et la protection des plantes médicinales dans la plupart des pays Africains [3]. L'exploitation durable des plantes médicinales a contribué non seulement à la préservation de la biodiversité des forêts tropicales, mais également à l'amélioration des conditions de vie des communautés locales grâce à la création des revenus et au traitement des maladies. C'est ainsi que plusieurs enquêtes ethnobotaniques ont été mis en place et ont permis d'élaborer certaines approches fiables pour la découverte de nouveaux médicaments [4], [5]. Dans bien des régions, la connaissance des espèces végétales utilisées et des méthodes de préparation et d'administration de la médication ont été l'apanage des guérisseurs traditionnels. L'utilisation de ces remèdes est entourée de secrets et de superstitions, les guérisseurs étant souvent hostiles à divulguer leurs connaissances [6].

L'objectif général de cette étude est de contribuer à la connaissance de la florule médicinale utilisée dans le traitement des symptômes et des maladies, qui affectent les populations de trois villages du département du Haut-Nkam. Les objectifs spécifiques sont de : (1) recenser toutes les plantes médicinales de trois villages (Bana, Banka et Tenchieu) du département du Haut-Nkam, (2) décrire les paramètres écologiques de la florule médicinale, (3) collecter toutes les recettes utilisées dans le traitement des maladies et (4) déterminer les propriétés thérapeutiques des métabolites secondaires associées aux plantes médicinales.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a été menée durant la période de décembre 2015 à juin 2016, dans trois villages du département du Haut-Nkam : Bana, Banka et Tenchieu.

Situé entre les latitudes 1° 40' N et 13° 05' N et les longitudes 8° 30' E et 16° 10' E, le Cameroun couvre une superficie de 475 000 km². Il a la forme approximative d'un triangle. Le Cameroun partage 4700 km de frontières avec le Nigéria, le Tchad, la République Centrafricaine, le Congo (Brazzaville), le Gabon et la Guinée Equatoriale. Il s'ouvre sur l'océan atlantique sur une façade de 400 km.

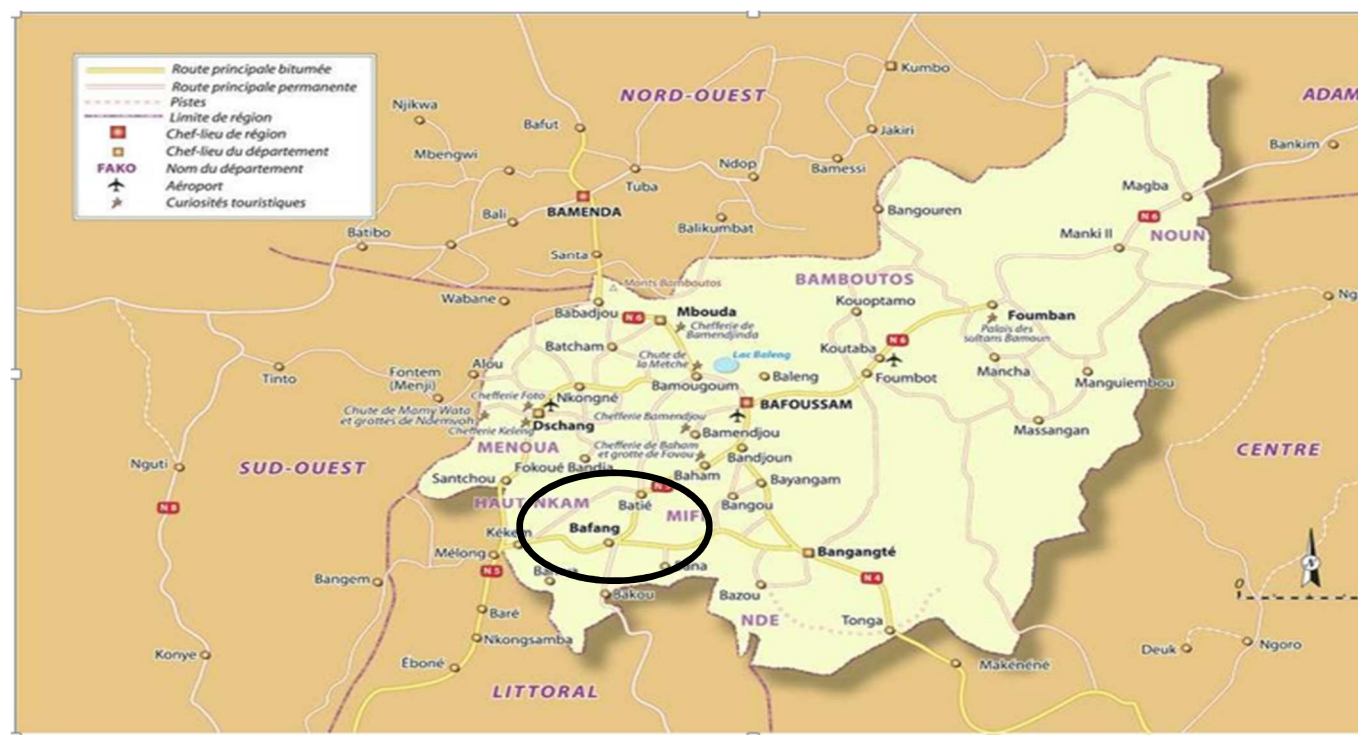


Figure 1. Carte de la zone d'étude ([www.editions.2015.com / Cameroun /cartes.php](http://www.editions.2015.com/Cameroun/cartes.php).)

Bafang (latitude : 5° 09' 25" N ; longitude : 10° 10' 37" E ; altitude : 1179 m) qui a servi de cadre de travail est chef-lieu du département du Haut-Nkam, région de l'Ouest Cameroun, en pays Bamiléké. Le climat est de type équatorial d'altitude, caractérisé par des précipitations abondantes atteignant une moyenne annuelle de 1400-1500 mm. Le réseau hydrographique est composé de quelques cours d'eaux dont le régime est calqué sur la pluviométrie. Six principaux types de végétation sont observés : la savane herbeuse, la savane arbustive, la forêt galerie, la forêt dense et la forêt anthropique (eucalyptus) et les anciennes jachères forestières. Bafang comptait 100 862 habitants, au recensement de 2008 (Figure 1).

2.2 MÉTHODOLOGIE INHÉRENTE AU QUESTIONNAIRE

Pour réaliser cette étude, une enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales utilisées dans la pharmacopée traditionnelle a été menée auprès des paysans détenteurs de savoirs ancestraux dont l'âge variait entre 19 à 70 ans, choisis sans tenir compte du sexe et de l'ethnie de la période de janvier à mars 2016. Ceux-ci ont été soumis à un questionnaire semi-structuré donnant toutes les informations relatives aux plantes médicinales. Les interviews réalisées en langues française ou locale au moyen d'une fiche d'enquête ont nécessité la présence d'une personne appartenant à la communauté enquêtée, dans l'optique de faciliter non seulement l'accès aux informations, mais aussi d'acquérir des informations fiables et authentiques sur les plantes médicinales et leurs vertus. L'identification des plantes recensées s'est faite sur le terrain et au laboratoire. Cette taxonomie a ensuite été confirmée à l'herbier national du Cameroun où les numéros de références ont été attribués aux espèces recensées.

Les espèces identifiées ont été décrites en utilisant les types morphologiques, types de biotopes, types de diaspores et types phytogéographiques. Cette description a été rendue possible en utilisant les différents volumes de la flore du Cameroun stockés à l'Herbier National et la documentation scientifique adéquate.

Pour recenser les recettes, les fiches d'enquêtes ont été remises aux personnes interviewées soit 30 enquêtés par villages étudiés. Les propriétés pharmacologiques liées aux métabolites secondaires des plantes principales de chacune des recettes ont été identifiées grâce à la revue bibliographique, afin de vérifier les informations sur les connaissances et usages traditionnels des plantes médicinales.

2.3 ANALYSES STATISTIQUES

Les données de terrain ont été ensuite enregistrées sur un tableur Excel, puis analysées. La fréquence de citations (FC) de chaque plante recensée a été calculée suivant la formule :

FC = Nombre de citation d'une plante / Nombre total d'enquêtés x 100

FC a prouvé l'efficacité d'une plante pour la même maladie citée dans les différents villages.

Les données recueillies ont été analysées statistiquement et traitées par des logiciels XLSTAT. L'analyse factorielle des correspondances est employée pour montrer les variations spatiales entre les espèces et les villages.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTERISTIQUES SOCIO-DEMOGRAPHIQUES DES ENQUETES

Parmi les enquêtés interviewés 55,56 % ont été de sexe masculin et 44,44% de sexe féminin. Ils ont été tous originaires de la région de l'Ouest. Leur âge a varié de 19 à 70 ans et la majorité comprise entre 31 et 40 ans, soit 46,67%. Environ 30,36%, a affirmé avoir reçu le savoir de leurs ascendants. Presque 55,55% a admis avoir reçu ses connaissances de manière héréditaire, 28,88% de manière héréditaire et 26,66 % de façon empirique. Ils ont été pour la plupart des agriculteurs (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés

Caractéristiques	Fréquence (%)
Genre	
Femmes	44,44
Hommes	55,56
Age	
]20-30]	31,11
[31-40]	46,67
[41-50]	5,55
> 50	16,66
Nature d'acquisition des connaissances	
Héréditaire	55,55
Empirique	26,66
Héréditaire et Empirique	28,88
Répartition par village	
Bana	33,33
Banka	33,33
Tenchieu	33,33

3.2 INVENTAIRE FLORISTIQUE DES ESPÈCES

Les plantes médicinales recensées ont appartenu à 104 espèces réparties en 45 familles et 90 genres (Tableau 2).

Tableau 2. Inventaire floristique des espèces

Noms locaux	Noms scientifiques	Noms communs	Familles
Cheudoc	<i>Persea Americana</i> Mill.	Avocatier	Lauraceae
Houhoua	<i>Schefflera abyssinica</i> J. R. Forst	Ombelle	Araliaceae
-	<i>Eucalyptus</i> sp.	-	Myrtaceae
goya	<i>Psidium guajava</i> L.	Goyavier	Myrtaceae
Latchoor	<i>Eryngium foetidum</i> L.	Coriandre longue	Apiaceae
Lacquepsi	<i>Crinum</i> sp.	Crinole	Amaryllidaceae
Mbeubo-zié	<i>Taggia</i> sp.	-	Euphorbiaceae
Mpuncchui	<i>Polyscias fulva</i> J.R. Forst	-	Araliaceae
Chichiaka	<i>Dioscorea smilacifolia</i> De Wild	-	Dioscoreaceae
Koukounedoc	<i>Hibiscus asper</i> Hook. F	-	Malvaceae
-	<i>Hibiscus rosa sinensis</i> L.	Hibiscus Rose de Chine	Malvaceae
-	<i>Gossypium barbadenses</i> L.	Cotonnier	Malvaceae

Biétchié	<i>Alchornea cordifolia</i> Mull. Arg	-	Euphorbiaceae
Bitali Ngoukoua	<i>Vernonia</i> sp.	-	Asteraceae
Depochia	<i>Laggera alata</i> S. Moore	-	Asteraceae
Lactoutou	<i>Leucas martinicensis</i> R. Brown	-	Lamiaceae
-	<i>Cola anomala</i> Schott & Endl.	-	Sterculiaceae
kekrocbouet	<i>Euphorbia lateriflora</i> Schum. & Thonn	-	Euphorbiaceae
Chichieka	<i>Smilax kraussiana</i> Meisn.	-	Smilacaceae
-	<i>Acanthus montanus</i> T. Anderson	-	Acanthaceae
-	<i>Lantana camara</i> L.	Lantanier	Verbenaceae
Lamessi	<i>Annona muricata</i> L.	Corossolier	Annonaceae
Lacdjieu	<i>Aleo vera</i> . (L.) Burn. f	-	Aleoaceae
Npi lion	<i>Bulchholzia coriacea</i> Engler.	Colatier	Capparidaceae
-	<i>Passiflora foetida</i> L.	Passiflore fétide	Passifloraceae
Kouendjouen	<i>Dioda scandens</i> Sw.	-	Rubiaceae
-	<i>Peucedanum zenkeri</i> Engl.	-	Apiaceae
Kobeu tchobeu	<i>Morinda lucida</i> Benth.	-	Rubiaceae
-	<i>Colocasia esculenta</i> L.	Taro	Araceae
Koukougou	<i>Costus</i> sp.	-	Costaceae
Keumoc	<i>Emilia coccinea</i> Sims.	Cucolie écarlate	Asteraceae
Koukouet	<i>Pteridium aquilinum</i> Var.	Fougère-aigle	Polypodiaceae
Ha'a	<i>Albizia adianthifolia</i> Schumach.	-	Fabaceae
Lamdjou	<i>Vernonia conferta</i> Benth.	-	Asteraceae
Nleuk	<i>Rauvolfia vomitoria</i> Afzel.	-	Apocynaceae
Ndie	<i>Aspilia africana</i> (Pers.) C. D	-	Asteraceae
Nkeudjok	<i>Ipomoea batatas</i> L.	Patate douce	Convolvulaceae
Nteudroc	<i>Physalis peruviana</i> L.	Coqueret du Pérou	Solanaceae
Nkoplamsop	<i>Craterispermum</i> sp.	-	Rubiaceae
Tonmedap	<i>Centella asiatica</i> L.	-	Apiaceae
Mieuké	<i>Solanecio mannii</i> Hook.f	-	Asteraceae
Tolock	<i>Harungana madagascarensis</i> Lam.	Poiret	Clusiaceae
Dedapsie	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Balai doux	Scrophulariaceae
Nlou	<i>Traggia</i> sp.	-	Euphorbiaceae
Wouwousié	<i>Drymaria cordata</i> L. Wild	-	Caryophyllaceae
Mbou	<i>Ilex mitis</i> Radlk.	-	Aquifoliaceae
Ouwesie	<i>Stellaria mannii</i> Hook.F	-	Caryophyllaceae
Nlook	<i>Stereospermum</i> sp.	-	Bignoniaceae
Nko'o	<i>Tabernaemontana</i> sp.	-	Apocynaceae
Nkamesi	<i>Otomeria cameronica</i> L.	-	Rubiaceae
Nkeuloc	<i>Alchornea laxiflora</i> Benth.	-	Euphorbiaceae
Nzeupa'a	<i>Trilepisium</i> sp.	-	Moraceae
kouendjeu	<i>Achyranthes aspera</i> L.	Herbe d'Eugène	Amaranthaceae
Vencucu	<i>Mikania cordata</i> Burm.F	-	Asteraceae
Zouc	<i>Cyathea camerooniana</i> W.J.Hooker	-	Catheaceae
Nzaheuk	<i>Aframomum</i> sp.	-	Zingiberaceae
-	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R. M. King	Herbe de Laos	Asteraceae
Piakoua	<i>Bidens pilosa</i> L.	Sornet	Asteraceae
Nlé	<i>Aspilia Africana</i> L.	-	Asteraceae
Lamdjié	<i>Laggera</i> sp.	-	Asteraceae
mbouakou	<i>Vernonia</i> sp.	-	Asteraceae
-	<i>Vernonia amygdalina</i> Delile.	-	Asteraceae
Vrelegogoc	<i>Erigeron floribundus</i> Kunth.	Vergette	Asteraceae
Nchié	<i>Maesa lanceolata</i> Forssk.	-	Myrsinaceae
Manguo	<i>Mangifera foetida</i> Lour.	Manguier	Anacardiaceae
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	Papayer	Caricaceae
Waka-ngua	<i>Tabernaemontana crassa</i> Benth.	-	Apocynaceae
Tchouleu	<i>Globimetula</i> sp.	-	Loranthaceae
Chue	<i>Dacryodes edulis</i> G. Don.	Safoutier	Burseraceae
Teuteuk	<i>Rumex abyssinicus</i> Jacq.	-	Polygonaceae
Soor	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Piment	Solanaceae
Mpafechunc	<i>Eremomastax speciosa</i> Hochst.	-	Acanthaceae
Sonjouefeu	<i>Ipomoea involucreta</i> L.	-	Convolvulaceae
Tocyou	<i>Kalanchoe crenata</i> (Andrews) Haw.	-	Crassulaceae

Tcha'a	<i>Ficus thonningii</i> Blume.	Figuier	Moraceae
Tchopou	<i>Sida rhombifolia</i> L.	-	Malvaceae
Vefeuchié	<i>Ficus aspera</i> G. Forst.	-	Moraceae
Wouewoueh	<i>Commelina</i> sp.	-	Commelinaceae
Founsi	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv	Mélinis	Poaceae
Zizié	<i>Acalypha</i> sp.	Acalyphe	Euphorbiaceae
Ndaphou	<i>Vernonia colorata</i> Wild	-	Asteraceae
Nsivieu	<i>Psychotria</i> sp.	-	Rubiaceae
Titchani	<i>Dichrocephala</i> sp.	-	Asteraceae
Sissieukac	<i>Solanum aculeastrum</i> Dunal.	Morelle	Solanaceae
Sissieukoc	<i>Solanum torvum</i> Sw.	-	Solanaceae
Nkeupou	<i>Brillantaisia</i> sp.	-	Acanthaceae
Mbemou	<i>Coreopsis</i> sp.	-	Asteraceae
Douani	<i>Crassocephalum bialae</i> S. Moore	-	Asteraceae
Ndjidjaa	<i>Tephrosia vogelii</i> Hook.f	Téphrosie de Vogel	Fabaceae
Tocvieu	<i>Gaertnera paniculata</i> Benth.	-	Rubiaceae
-	<i>Piper umbellatum</i> L.	-	Piperaceae
Tibouti	<i>Coccinia barteri</i> Wight & Arn.	-	Cucurbitaceae
Nzaleuk	<i>Pavonia urens</i> Cav.	Pavonie brulante	Malvaceae
	<i>Entandrophragma cylindricum</i>		
Mpoupoué	Sprague.	Sapelli	Meliaceae
Ndjou	<i>Craterispermum cerinanthum</i> Hiern.	-	Rubiaceae
Nguekaachi	<i>Clerodendrum scandens</i> var.	-	Lamiaceae
Nguepipi	<i>Clerodendrum</i> sp.	-	Lamiaceae
Ngako	<i>Clerodendrum umbellatum</i> Poir.	-	Lamiaceae
Nkapsi	<i>Mitracarpus scaber</i> L.	-	Rubiaceae
Nsap kakjwekwa	<i>Clerodendrum yaoundense</i> L.	-	Lamiaceae
	<i>Lactuca capensis</i> Thunb.	-	Asteraceae
Nfeusoua	<i>Graptophyllum pictum</i> L.	Lait de la vierge	Acanthaceae
Nkeusié	<i>Ocimum gratissimum</i> L.	-	Lamiaceae

3.3 DIVERSITÉ TAXONOMIQUE

Les familles les plus représentatives ont été les familles des Asteraceae (16,83%), Meliaceae (6,93%), Euphorbiaceae (4,95%) et Convolvulaceae (2,97%). Ensuite, les Myrtaceae, Fabaceae, Solanaceae, Apocynaceae, Caryophyllaceae, Zingiberaceae, Moraceae (1,98%), Lauraceae, Araliaceae, Dioscoreaceae, Lamiaceae, Sterculiaceae, Acanthaceae, Verbenaceae, Smilacaceae, Aloaceae, Capparidaceae, Annonaceae, Passifloraceae, Araceae, Costaceae, Polypodaceae, Clusiaceae, Burseraceae, Crassulaceae, Commelinaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae, Hypericaceae, Amaryllidaceae (0,99%) (Figure 2).

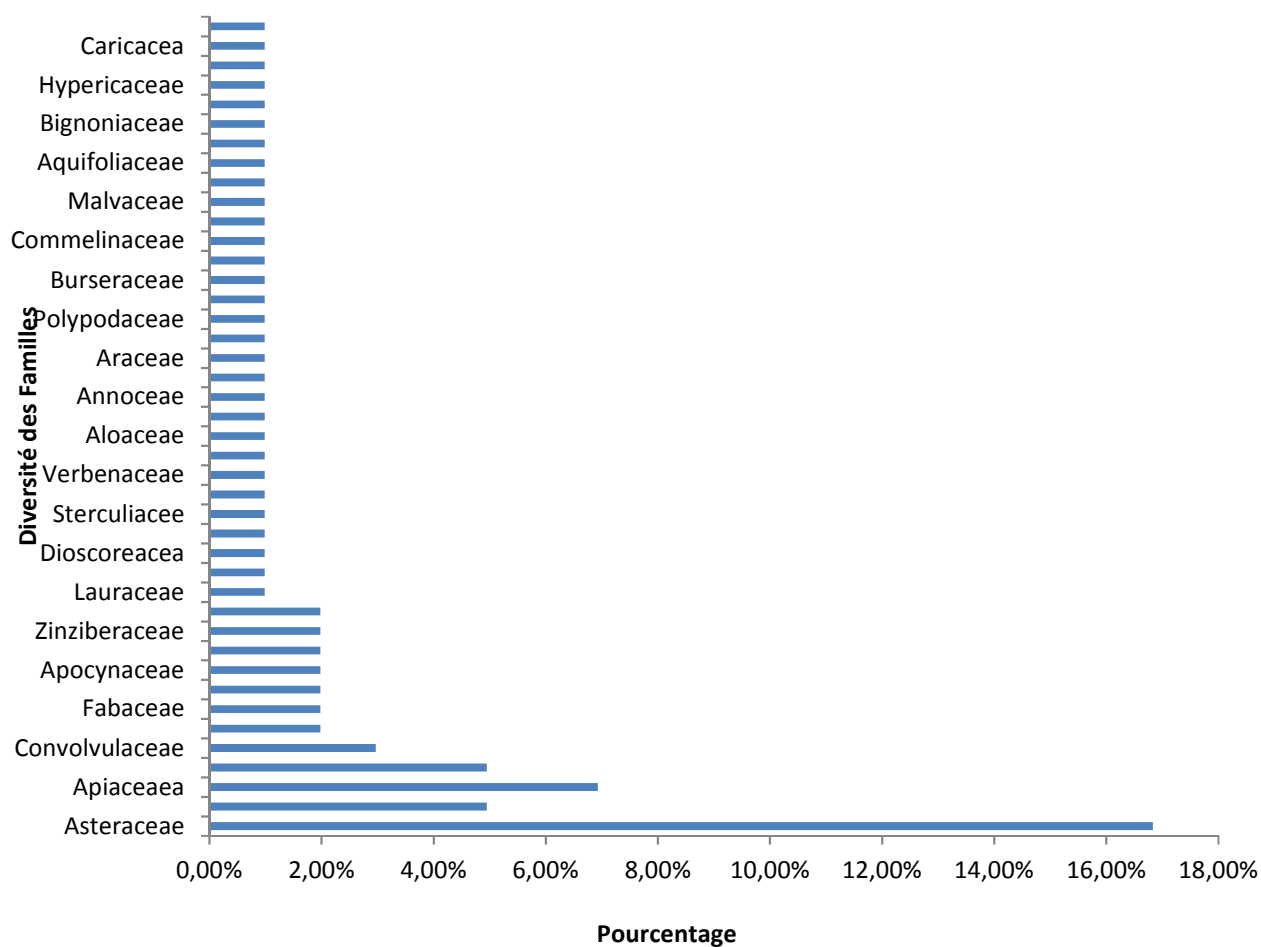


Figure 2. Histogramme des familles végétales recensées.

Les genres les plus représentés ont été *Vernonia* (4,95%), *Alchornea* (1,98%), *Craterispermum* (1,98%), *Solanum* (1,98%), *Traggia* (1,98%) (Figure 3).

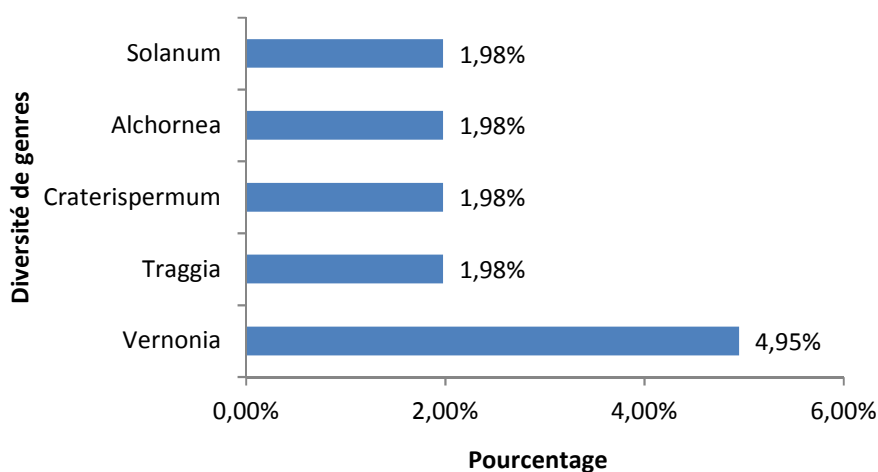


Figure 3. Histogramme des genres les plus représentés

3.4 VARIATION SPATIALE DES ESPECES EN FONCTION DES VILLAGES

L'analyse factorielle des correspondances suivant les axes F1 x F2 ont montré 100% de rapprochement. Les axes factoriels F1 x F2 ont montré les espèces telles que : *Polyscias fulva* (h), *Alchornea cordifolia* (m), *Acanthus montanus* (u), *Eryngium foetidum* (e), *Traggia* sp. (g), *Hibiscus rosa sinensis* (i), *Dioscorea smilacifolia* (k), *Smilax kraussiana* (t), *Annona muricata* (w), *Leucas martinicensis* (q), *Colocasia esculenta* (d1), *Albizia adionthifolia* (h1), *Rauvolfia vomitoria* (j1), *Pteridium aquilinum* (g1), *Costus* sp. (e1) ont été exclusives du village Bana. Les espèces telles que : *Ilex mitis* (u1), *Solanecio mannii* (p1), *Laggera* sp. (p), *Trilepisium madagascariensis* (a2), *Cyathea camerooniana* (d2), *Physalis peruvina* (n1), *Tabernaemontana* sp. (p2), *Aframomum* sp. (e2), *Otomeria cameronica* (d2), *Aspilia africana* (h2), *Vernonia* sp. (k2), *Alchornea laxiflora* (z1), *Stereospermum acuminatissimum* (w1), ont été exclusives du village Banka. Les espèces telles que : *Ocimum gratissimum* (c4), *Entandrophragma cylindricum* (r3), *Craterispermum cerinanthum* (s3), *Graptophyllum pictum* (b4), *Lactuca capensis* (a4), *Clerodendrum yaundense* (z3), *Clerodendrum scandens* (t3), *Clerodendrum umbellatum* (v3) ont été exclusives du village Tenchieu. Les espèces telles que : *Harungana madagascariensis* (q1), *Ficus exasperata* (a3), *Entandrophragma cylindricum* (r3), *Stellaria mannii* (v1), *Solanum aculeastum* (h3), *Drymaria cordata* (t1) ont été communes du village Bana et Banka. Les espèces telles que : *Ficus exasperata* (y2), *Trilepisium madagascariensis* (a2), *Capsicum frutescens* (t2), *Maesa lanceolata* (m2), *Morinda lucida* (c1), *Peucedanum zenkeri* (b1), *Coccina barteri* (p3), *Clerodendrum* sp. (u3), *Mangifera foetida* (n2), *Dichrocephala chrysanthemifolia* (g3), *Passiflora foetida* (z), *Crinum* sp. (f), *Acalypha* sp. (d3), *Vernonia* sp1 (n), *Cola anomala* (r), *Euphorbia lateriflora* (s), *Dacryodes edulis* (r2), *Entandrophragma cylindricum* (r3) ont été communes du village Bana et Tenchieu. Les espèces telles que : *Clerodendrum yaundense* (z3), *Coreopsis* sp. (k3), *Tabernaemontana* sp. (x1) ont été communes du village Tenchieu et Banka (Figure 4).

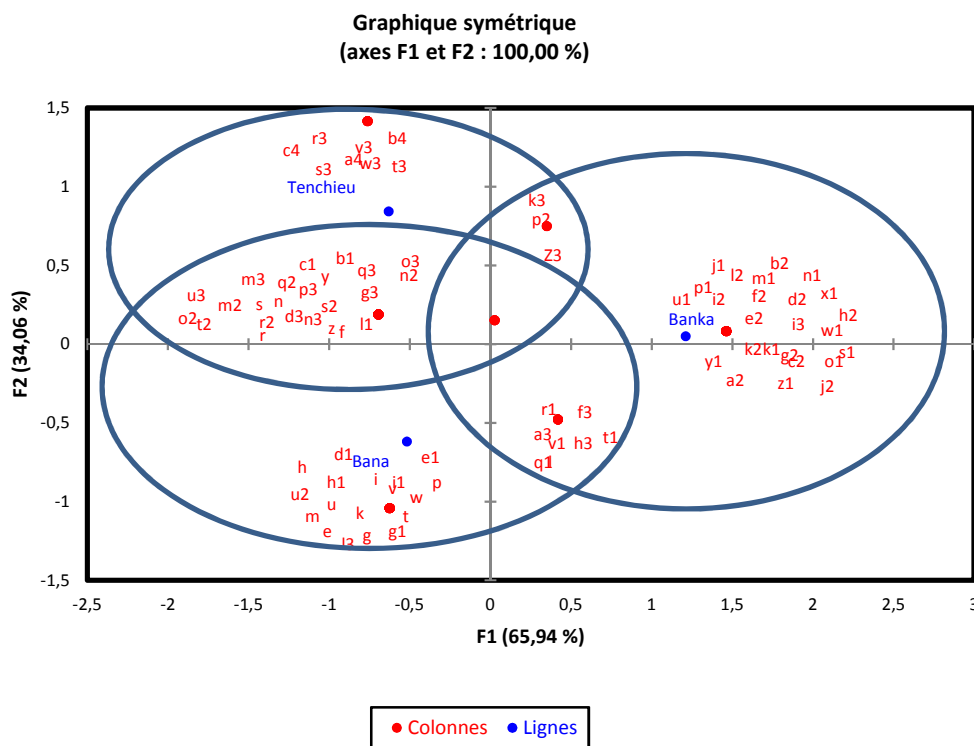


Figure 4. Variation spatiale des espèces en fonction des villages.

3.5 ANALYSE ECOLOGIQUE DES ESPECES VEGETALES RECENSEES

Au total 104 espèces végétales ont été inventoriées et caractérisées par les types phytogéographiques, types morphologiques, types de diaspores, types biologiques et modes de préparation.

3.6 DIVERSITÉ DES TYPES BIOLOGIQUES

Les espèces recensées ont présenté 05 types biologiques, parmi lesquelles les plus représentatives ont été les phanérophytes (46,53%) et thérophytes (13,86 %). Les autres types moins représentés sont les chaméphytes (11,88%), gérophytes (3,96%) et inconnus (21,78%) (Figure 5).

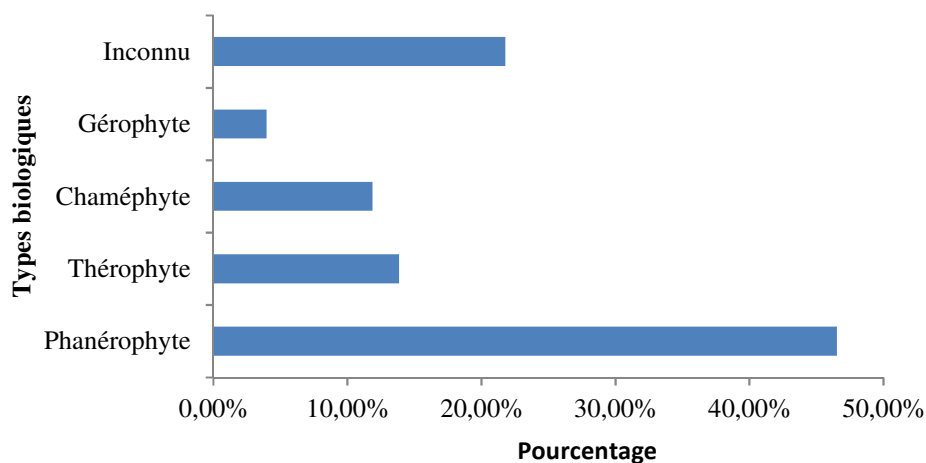


Figure 5. Histogramme des types biologiques

3.7 DIVERSITÉ DES TYPES PHYTOGÉOGRAPHIQUES

Les 104 plantes médicinales recensées ont appartenu à 24 types phytogéographiques : Afro tropicales (34,44 %), pantropicales (6,66%), guinéennes (13,33%), Mexique (5,55 %), Amérique centrale (4,44%), en Afrique de l'ouest, Afrique du sud et Congo (2,22%), le reste

Subtropicale, Sénégal-Kenya, Méditerranée, Antilles, Afrique équatoriale, Réunion nord-sud, Afrique centrale, Soudano-guinéenne, guinéenne et soudano zambienne, Amazonie, Indochine, Amérique du nord, Amérique du sud, Région tropicale (1,11%). Le spectre biogéographique des espèces recensées ont montré une dominance des espèces afrotropicales (Figure 6).

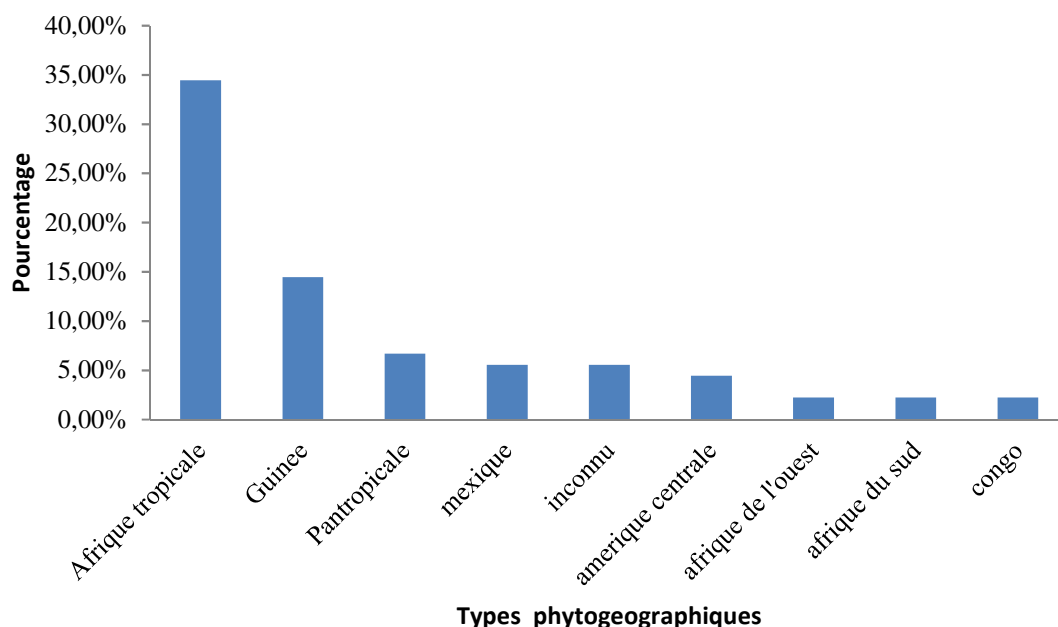


Figure 6. Histogramme des types phytogéographiques.

3.8 DIVERSITÉ DES TYPES MORPHOLOGIQUES

Parmi ces espèces, 5 types morphologiques sont recensées donc les plus représentatifs ont été les herbacées (39,60%), arbustes (24,75%) et les arbres (16,83%), les moins représentés ont été les arbrisseaux (5,94%) et les lianes ligneuses (0,99%) (Figure 7).

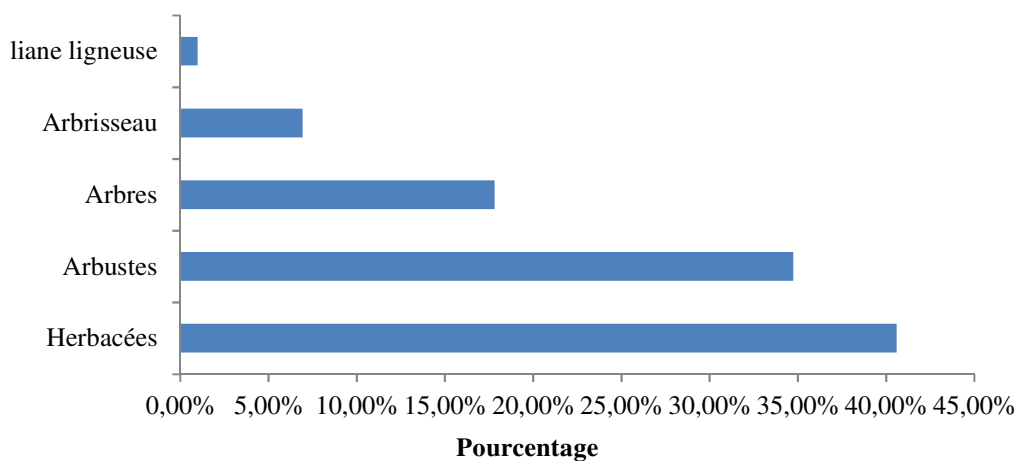


Figure 7. Histogramme des types morphologiques.

3.9 Diversité des diaspores

Six types de diaspores sont identifiés parmi les espèces recensées, dont plus représentatives ont été les sarcochores (43,56%) et les ptérochores (32,97%). Les autres types les moins représentés sont les pogonophores (12,87%), ballochores (14,85%), desmochores (3,96%), sclérochores (11,88%), et inconnus (4,95%) (Figure 8).

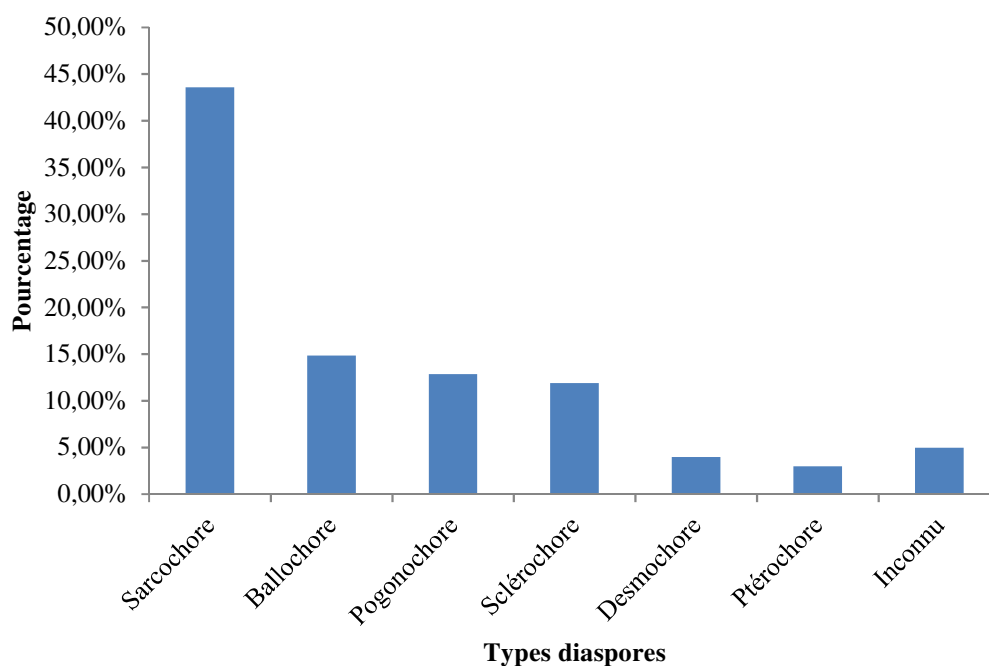


Figure 8. Histogramme des types de diaspores.

3.9 MODE DE PREPARATION, MODE D'ADMINISTRATION, MALADIES ET SYMPTOMES TRAITES

3.9.1 MODE DE PRÉPARATION

Les enquêtés ignorent véritablement les quantités exactes de solvants et solutés à ajouter, le temps nécessaire pour les modes de préparation et la posologie reste incertaine. Le mode de préparation le plus représenté a été la décoction (48,47%), macération (36,69%). Les moins représentés ont été la pulvérisation (1,98%), l'expression (4,95%) et la trituration (5,91 %) (Figure 9).

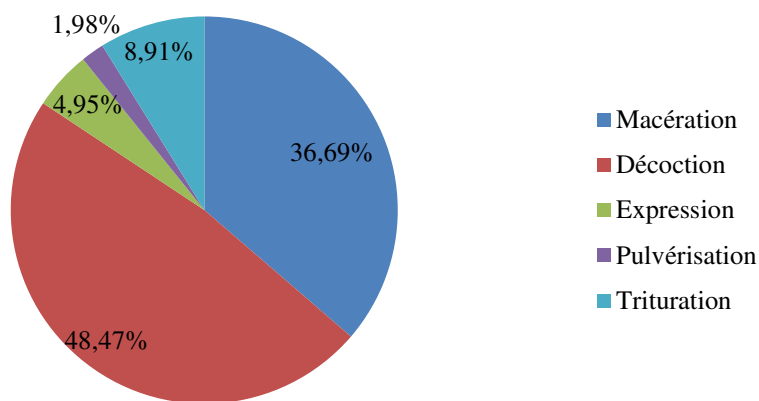


Figure 9. Histogramme du mode de préparation.

3.9.2 DIVERSITÉ DES VOIES D'ADMINISTRATION

Diverses voies ont été employées par lesquels la voie orale, voie auriculaire, voie cutanée, voie nasale, voie rectale, voie anale et la voie oculaire. Les voies les plus représentatives ont été la voie orale, voie cutanée et la voie oculaire. Les moins représentés ont été la voie auriculaire, voie nasale, voie rectale et la voie anale (Figure 10).

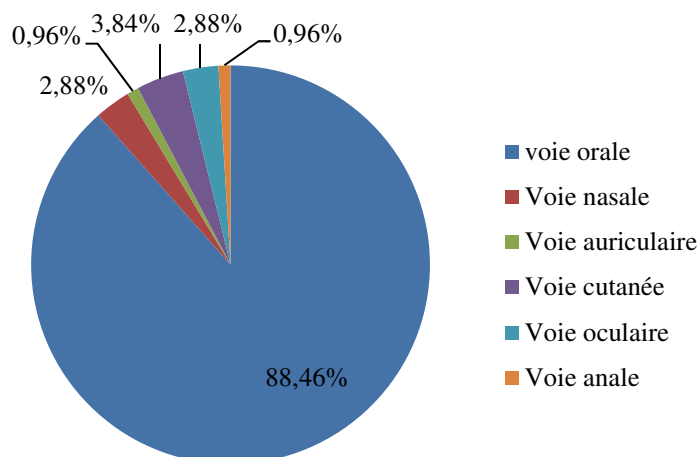


Figure 10 : Histogramme des voies d'administration

3.9.3 MALADIES ET SYMPTÔMES TRAITÉS

Soixante dix-sept maladies et symptômes cités par les enquêtés ont été associés aux plantes médicinales. Les résultats obtenus, concernant les relations existantes entre les espèces médicinales et les catégories de maladies soignées ont montré que la plupart des espèces végétales sont très utilisées dans 17 catégories dont les plus représentées sont les maladies

infectieuses et parasitaires, les maladies de l'appareil digestif, les maladies génito-urinaires et les symptômes non classés. Les résultats obtenus après calcul des facteurs de consensus (FC) ont montré que la plupart des plantes sont intervenues dans le traitement des maladies infectieuses et parasitaires, maladies de l'appareil digestif et des symptômes non classés (Tableau 3).

Tableau 3 : Tableau des recettes de plantes médicinales recensées.

Familles	Plantes principales	Plantes associées	Organes utilisées	FC(%)	Maladies et symptômes	Mode de préparation	Mode d administrations/ posologie/ durée de traitement
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea americana</i>	Aucune	Ecorces / Feuilles	54,03	Hypertension artérielle, paludisme, toux, céphalées	Décoction	Voie orale, 1 verre Matin et soir pendant 1mois, 2 semaine, 1 semaine
<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera abyssinica</i>	Aucune	Feuilles	5,76	Diabète, œdème chez la femme enceinte	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 semaines
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus</i> sp.	Aucune	Ecorces	59,23	Toux, paludisme, mal de nerf, dysménorrhées	Macération	Voie orale 1 cuillère matin midi et soir pendant 1 semaine et 1 verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i>	<i>Musa paradisiaca</i>	Feuilles	14,42	Paludisme	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Apiaceae</i>	<i>Eryngium foetidum</i>	Aucune	Feuilles	3,84	Empoisonnement, palpitation cardiaque	Macération	Voie orale 1 verre en une prise, 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Amaryllidaceae</i>	<i>Crinum</i> sp.	Aucune	Feuilles	3,84	Anxiété, transe	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Traggia</i> sp.	Aucune	Feuilles	3,84	Allergie	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Araliaceae</i>	<i>Polyscias fulva</i>	Aucune	Feuilles	19,23	Sinusite, céphalées	Pulvérisation	Voie nasale 1 pincée dans chaque narine pendant 2 jours
<i>Dioscoreaceae</i>	<i>Dioscorea.smilacifolia</i>	<i>Piper umbellatum</i>	Feuilles	54,03	leucorrhées	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 semaines
<i>Malvaceae</i>	<i>Hibiscus asper</i>	Aucune	Feuilles	21,15	Troubles de la digestion	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir 2jours avant l'accouchement, 1 verre Matin et soir pendant 2 jours
<i>Malvaceae</i>	<i>Hibiscus rosa sinensis</i>	Aucune	Feuilles	21,15	Diarrhée, vomissement	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 jours
<i>Malvaceae</i>	<i>Gossypium barbadense</i>	Aucune	Feuilles	18,25	Bronchite, asthme	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Alchornea cordifolia</i>	Aucune	Feuilles	4,80	démangeaison vaginale, leucorrhées	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia</i> sp.	Aucune	Feuilles	9,61	Douleurs articulaires	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 4jours
<i>Asteraceae</i>	<i>Laggera alata</i>	Aucune	Feuilles	9,61	Infection pulmonaire	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 semaines
<i>Lamiaceae</i>	<i>Leucas martinicensis</i>	Aucune	Feuilles	9,61	Splénomégalie	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 jours
<i>Sterculiaceae</i>	<i>Cola anomala</i>	Aucune	coque	19,23	Asthme, toux	Pulvérisation	Voie orale 1 cuillère matin et soir pendant 2 jours
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Euphorbia lateriflora</i>	Aucune	Sève	4,80	Hoquet, Onychomycoses	Expression	Voie orale 1 cuillère en 1 prise, sur les ongles 1 application pendant 2 semaines
<i>Smilacaceae</i>	<i>Smilax kraussiana</i>	<i>Piper umbellatum</i>	Feuilles	19,23	leucorrhées	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Acanthaceae</i>	<i>Acanthus montanus</i>	Aucune	Feuilles	28,84	Diarrhée persistance	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3jrs

<i>Verbenaceae</i>	<i>Lantana camara</i>	Aucune	Feuilles	25	Filaires	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Annonaceae</i>	<i>Annona muricata</i>	<i>Ilex mitis</i>	Ecorces	28,84	Hypertension artérielle	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 6 mois et 1 verre matin et soir pendant 3 mois
<i>Aloeaceae</i>	<i>Aloe vera</i>	Aucune	Feuilles	53,65	Antipoison, démangeaison cutanée	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir en 1 prise, 1 application matin et soir pendant 2 jours
<i>Capparidaceae</i>	<i>Buchholzia coriacea</i>	<i>Annona muricata</i>	Ecorces/feuilles	19,23	Mal de nerf, asthme	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 à 3 mois
<i>Passifloraceae</i>	<i>Passiflora foetida</i>	Aucune	Feuilles	9,61	Stérilité chez la femme	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Rubiaceae</i>	<i>Diodia scandens</i>	Aucune	Plante entière	4,80	Stérilité, règles douloureuses, douleurs testiculaires	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 mois
<i>Apiaceae</i>	<i>Peucedanum zenkeri</i>	Aucune	Plante entière	5,76	gonococcie	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Rubiaceae</i>	<i>Morinda luada</i>	Aucune	Ecorces	9,61	Poison	Décoction	Voie orale 1 verre matin midi et soir pendant 3 jours
<i>Araceae</i>	<i>Colocasia esculenta</i>	Aucune	Sève	4,80	Morsure d'abeilles	Expression	Voie cutanée 1 application en une fois
<i>Costaceae</i>	<i>Costussp.</i>	Aucune	Tige	28,84	Nerf, transe	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Asteraceae</i>	<i>Emilia coccinea</i>	Aucune	Feuilles	24,03	Paludisme	Macération	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Polypodaceae</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	Aucune	Feuilles	4,80	Panaris	Trituration	Voie cutanée 1 application tous les 2 jrs pendant 3 semaines
<i>Fabaceae</i>	<i>Albizia adionthifolia</i>	<i>Polyscias fulva</i>	Ecorces	9,61	Goutte	Décoction	Voie orale 1 verre matinet soir pendant 2 mois
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia conferta</i>	Aucune	Ecorces	19,23	Stérilité	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 semaines
<i>Apocynaceae</i>	<i>Rauvolfia vomitoria</i>	Aucune	Ecorces	24,03	Diabète, mal de ventre	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin soir pendant 1 semaine et 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Asteraceae</i>	<i>Aspilia africana</i>	<i>Garcinia cambogia</i>	Feuilles	14,42	blessures	Macération	Voie cutanée /1 application/jr jusqu'à guérison
<i>Convolvaceae</i>	<i>Ipomoea batatas</i>	Aucune	Feuilles	28,84	Infections urinaires chez les femmes	Macération	Voie orale /1 verre matin soir pendant 2 semaines
<i>Apiaceae</i>	<i>Lentella asiatica</i>	Pistaches	Feuilles	28,84	Kwashiorkor	Trituration	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 3 semaines
<i>Solanaceae</i>	<i>Physalis peruvina</i>	<i>Vernonia sp.</i>	Feuilles	14,44	Douleurs d estomac	Macération	Voie orale / 1 verre Matin et Soir pendant 2 semaines
<i>Rubiaceae</i>	<i>Craterispermum sp.</i>	Pistaches	Feuilles , écorces	56,73	Dysenterie amibienne, diarrhée	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 2 semaines
<i>Rubiaceae</i>	<i>Solanecio mannii</i>	Aucune	Feuilles	7,69	Douleurs articulaires	Macération	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 2 semaines
<i>Asteraceae</i>	<i>Harungana madagascariensis</i>	Aucune	Feuilles	14,04	Zona	Macération	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 2 semaines et 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Clusiaceae</i>	<i>Scoparia dulcis</i>	Aucune	Feuilles	24,04	Bronchites, toux chez les enfants	Trituration	Voie orale/ 1 cuillère/jrs pendant 15jrs
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Traggia sp.</i>	Aucune	Feuilles	9,61	Sécheresse buccale	Expression	Voie orale/ 1 application/jr pendant 2 jours
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Drymaria cordata</i>	Aucune	Feuilles	24,04	Teigne	Trituration	Voie cutanée / 1 application matin et soir pendant 1 semaine

<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Ilex mitis</i>	Aucune	Feuilles, écorces	15,38	Troubles de la digestion	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin pendant 1 semaine
<i>Aquifoliaceae</i>	<i>Stellaria mannii</i>	Aucune	Feuilles	15,38	Fièvre typhoïde	Macération	Voie orale/ 1 verre matin, midi et soir pendant 1 semaine et 1/2 verre matin midi et soir chez l'enfant
<i>Caryophyllaceae</i>	<i>Stereospermum acuminatissimum</i>	Aucune	Feuilles	24,04	Stérilité chez la femme, douleur articulaire, hernie ombilicale	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabernaemontana</i> sp.	Aucune	Feuilles	24,04	Erection, délivrance	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 3 jours
<i>Apocynaceae</i>	<i>Otomeria cameronica</i>	Aucune	Feuilles	52,84	Gonococcie, Chlamydia	Macération	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 3 semaines
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Alchornea laxiflora</i>	Aucune	Feuilles	11,53	Leucorrhées, infections urinaires	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Moraceae</i>	<i>Trilepisium madagascariensis</i>	Aucune	Sève	18,26	blessures, écoulement sanguin	Décoction	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Achyranthes aspera</i>	Aucune	Feuilles	14,42	Ulcère de la langue	Trituration	Embaumer jusqu'à disparition de l'ulcère
<i>Asteraceae</i>	<i>Mikania cordata</i>	Aucune	Feuilles	14,42	Trompée bouchée	Décoction	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Cyathiaceae</i>	<i>Cyathia camerooniana</i>	Aucune	Feuilles	14,42	Faiblesse sexuelle, Azoospermie	Décoction	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Zinziberaceae</i>	<i>Aframomum</i> sp.	Aucune	Feuilles	19,23	Hypertension artérielle	Macération	Voie orale / 1 verre matin et soir jusqu'à amélioration
<i>Asteraceae</i>	<i>Chromolaena odorata</i>	Aucune	Feuilles	9,61	Blessures	Trituration	Voie cutanée / 1 application / jour jusqu'à cicatrisation
<i>Asteraceae</i>	<i>Bidens Pilosa</i>	<i>Commelina</i> sp. <i>Erigeron floribundus</i>	Feuilles	54,04	Fièvre typhoïde, jaunisse, stérilité, troubles digestifs	Décoction, macération	Voie orale / 1 Verre Matin et soir pendant 2 à 3 semaines
<i>Asteraceae</i>	<i>Aspilia africana</i>	Aucune	Feuilles	7,69	Morsure de serpent, blessure	Trituration	Voie cutanée / 1 application / jr pendant 1 semaine
<i>Asteraceae</i>	<i>Laggera</i> sp.	Aucune	Feuilles	14,44	Mal de nerfs	Décoction	voie orale / 1 Verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia</i> sp.	Aucune	Feuilles	14,04	Vomissement chez la femme enceinte, paludisme chez le nourrisson	Macération	Voie orale/ 1 verre / jr pendant 2 jours
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia</i> sp.	Aucune	Feuilles	24,04	Diabète	Macération	Voie orale/ 1 verre / jour pendant 3 à 7 jrs
<i>Asteraceae</i>	<i>Erigeron floribundus</i>	Jujubes	Feuilles et graines	28,84	Gonococcie, Chlamydia, blessures	Macération	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Myrsinaceae</i>	<i>Maesa lanceolata</i>	Aucune	Ecorces	14,42	Carie dentaire	Décoction	bain de bouche pendant 1 à 2 semaines
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera foetida</i>	<i>Persea americana</i> , <i>Prunus domestica</i>	Ecorces	59,23	Hypertension artérielle, diabète, épilepsie	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Caricaceae</i>	<i>Carica papaya</i>	<i>Ficus thonningii</i>	Ecorces	22,11	Jaunisse	Décoction	Voie orale/ 1 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Apocynaceae</i>	<i>Tabernaemontana</i> sp.	Aucune	Feuilles	28,84	Troubles de la digestion	Décoction	Voie orale / 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Loranthaceae</i>	<i>Globimetula</i> sp.	<i>Prunus domestica</i> , <i>Mangifera indica</i> ,	Ecorces	11,53	Epilepsie, cancer utérin et du sein	Décoction	Voie orale/ 1/2 verre Matin et soir pendant 3 mois

		<i>Manihot esculenta</i>					
<i>Burseraceae</i>	<i>Dacryodes edulis</i>	<i>Manihot esculenta</i> , <i>Persea americana</i> , <i>eucalyptus</i>	Ecorces	19,23	Douleurs articulaires, goutte	Décoction	Voie orale/ 1 verre Matin et soir pendant 3mois
<i>Polygonaceae</i>	<i>Rumex abyssinicus</i>	<i>Piper umbellatum</i>	Fruits et Feuilles	4,80	Kwashiorkor, malnutrition	Décoction	Voie anale 1 purge matin midi et soir puis voie orale 1verre matin midi et soir pendant 1 semaine
<i>Solanaceae</i>	<i>Capsicum frutescens</i>	Aucunes	Feuilles	9,61	Conjonctivite, mal des yeux	Trituration	Voie oculaire 2 instillations Matin et soir pendant 3jrs
<i>Acanthaceae</i>	<i>Eremomastax speciosa</i>	Aucunes	Feuilles	4,80	Etat dépressif, mal d estomac, palpitation	Macération	Voie orale 1verre Matin et soir pendant 3 mois
<i>Zinziberaceae</i>	<i>Aframomum</i> sp.	Aucunes	Fruits	24,03	Infection oculaire chez le nouveau né	Expression	Voie oculaire 1 instillation matin et soir pendant 4jrs
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomoea involucrata</i>	Aucunes	Feuilles	9,61	Hernie testiculaire, ictère, stérilité	Macération	Voie orale 1verre Matin et soir pendant 1 mois
<i>Crassulaceae</i>	<i>Kalanchoe crenata</i>	Aucunes	Feuilles	54,03	Douleurs auriculaires	Expression	Voie auriculaire 3-4 gouttes MMS pendant 4 jrs
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus thonningii</i>	Aucunes	Feuilles	11,53	Pneumonie	Décoction	Voie orale 1verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida rhombifolia</i>	<i>Hibiscus asper</i>	Feuilles	24,03	Délivrance	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 4 jours avant l'accouchement
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus exasperata</i>	<i>Musa paradisiaca</i> , <i>Gossypium barbadense</i>	Feuilles	24,03	Fièvre typhoïde	Décoction	Voie orale 1verre matin et soir Adulte et 1/2verre matin et soir enfant pendant 1 semaine
<i>Commelinaceae</i>	<i>Commelina</i> sp.	<i>Erigeron floribundus</i>	Feuilles	13,46	Douleurs articulaires	Trituration	Voie cutanée 1 massage matin et soir pendant 1 semaine
<i>Poaceae</i>	<i>Melinis minutiflora</i>	Aucunes	Feuilles	24,03	Zona	Trituration	Voie cutanée1 application/jr pendant 1 mois
<i>Euphorbraceae</i>	<i>Acalypha</i> sp.	Aucunes	Plante entière	58,84	Leucorrhées, faiblesses sexuelles	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Asteraceae</i>	<i>Vernonia tenareana</i>	Aucunes	Feuilles	28,84	Fièvre typhoïde	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Rubiaceae</i>	<i>Psychotria</i> sp.	Aucunes	Feuilles	9,61	Diabète, mal d'estomac, mal de dent	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir , 1 verre Matin et soir pendant 2semaines, gargarisme matin et soir pendant 2 à 3jours
<i>Asteraceae</i>	<i>Dichrocephala chrysanthemifolia</i>	Aucunes	Feuilles	28,84	conjonctivite	Trituration	Voie oculaire 1 instillation matin et soir pendant 3jrs
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum aculeastum</i>	Aucunes	Feuilles	38,40	Fièvre typhoïde, fatigue, diabète, blessures	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 mois
<i>Solanaceae</i>	<i>Solanum torum</i>	<i>Alium sativum</i>	Feuilles et fruits	4,80	Hypertension artérielle, diabète	Macération	Voie orale 1/4 verre matin et soir pendant 1 mois
<i>Acanthaceae</i>	<i>Brillantaisiasp.</i>	Aucunes	Feuilles	38,40	Paludisme, délivrance	Décoction	Voie orale 1verre Matin et soir pendant 1 semaine
<i>Asteraceae</i>	<i>Coreopsis</i> sp.	Aucunes	Feuilles	4,80	Excrétion du lait maternel	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 4jours
<i>Asteraceae</i>	<i>Crassoaphalum biafrae</i>	Aucunes	Feuilles	4,80	Palpitation cardiaque	Macération	Voie orale 1/2 verre Matin et soir pendant 7jrs
<i>Fabaceae</i>	<i>Tephrosia vogelii</i>	Aucunes	Feuilles	38,40	Varicelle, rougeole	Décoction	Voie orale 1/2 verre Matin et soir pendant 4 jours et voie cutanée lavage /jour

<i>Rubiaceae</i>	<i>Gartnera paniculata</i>	Aucunes	Feuilles	14,42	Mal de ventre, ballonnement	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 jours
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper umbellatum</i>	Aucunes	Feuilles	14,42	Hémorroïdes	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 semaines et pendant 1 semaine
<i>Curcubitaceae</i>	<i>Coccinia barteri</i>	Aucunes	Feuilles	14,42	Constipation	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 4 jrs
<i>Malvaceae</i>	<i>Pavonia urens</i>	Aucunes	Feuilles	19,23	Ictère	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 jrs
<i>Meliaceae</i>	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Aucunes	Feuilles, écorces	19,23	Dysménorrhée, leucorrhées	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 semaines
<i>Rubiaceae</i>	<i>Craterispermum cerinanthum</i>	Aucunes	Ecorces	54,80	Faiblesses sexuelles chez l'homme	Pulvérisation	Voie orale 1 pincée ds une tasse matin et soir pendant 2 semaines
<i>Lamiaceae</i>	<i>Clerodendrum scandens</i>	Aucunes	Feuilles	22,11	Douleurs sévères du ventre	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 3 jours
<i>Lamiaceae</i>	<i>Clerodendrum</i> sp.	<i>Citrus limon</i>	Tiges et fruits	22,11	mal de ventre	Macération ou Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 jours
<i>Lamiaceae</i>	<i>Clerodendrum umbellatum</i>	Aucunes	Feuilles	22,11	Mal de ventre	Macération	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 3 jours
<i>Lamiaceae</i>	<i>Mitropus scaber</i>	Aucunes	Ecorces et feuilles	14,42	Douleur au dos (feuilles), amaigrissement et réhydratation (écorces)	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 2 jrs et 1 verre matin et soir pendant 3 jrs
<i>Lamiaceae</i>	<i>Clerodendrum yaundense</i>	Aucunes	Feuilles	4,80	Dysménorrhée	Décoction	Voie orale 1 verre matin et soir pendant 1 semaine
<i>Lamiaceae</i>	<i>Lactuca capensis</i>	Aucunes	Feuilles	14,42	Toux, sang dans les poumons	Pulvérisation	Voie orale 1 cuillère matin midi et soir pendant 1 semaine, et pendant 2 semaines
<i>Lamiaceae</i>	<i>Graptophyllum pictum</i>	Aucunes	Feuilles	24,03	Anémie	Décoction	Voie orale 1er jour 1 verre et 2em jr 1 verre pendant 3 jours
<i>Lamiaceae</i>	<i>Ocimum gratissimum</i>	Aucunes	Feuilles et fruits	14,42	Hypertension artérielle	Décoction	Voie orale 1 verre Matin et soir pendant 1 mois puis contrôle

3.10 PROPRIETES THERAPEUTIQUES DES METABOLITES SECONDAIRES

3.10.1 ORGANES UTILISÉS

Les espèces recensées se sont présentées en sept différents organes utilisés dont les plus représentatives sont, les feuilles et écorces. Les parties les moins représentées ont été les plantes entières, sève, graines et fruits. Les parties utilisées les plus représentées ont été les feuilles (72,27%), écorces (17,82%). Les moins représentées ont été les fruits (2,97%), plante entière (2,97%), sève (1,98%), tiges (0,99%) et les graines (0,99%) (Figure 11).

Pourcentage

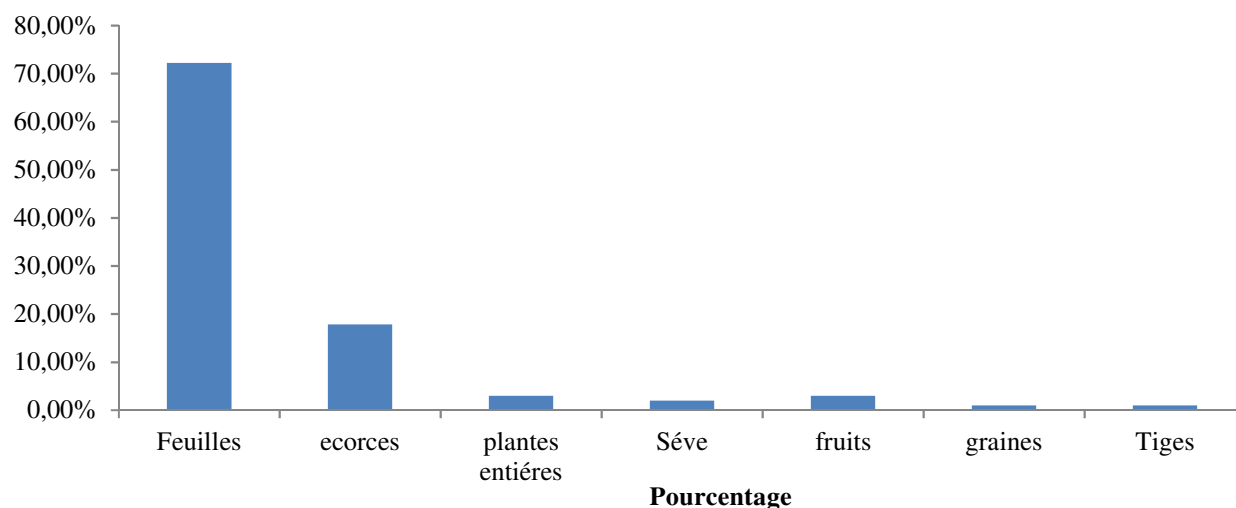


Figure 11. Histogramme des organes utilisés.

3.10.2 ANALYSE ETHNOPHARMACOLOGIQUE DES ESPÈCES

Les plantes médicinales recensées dans les trois villages sont associées à 72 maladies et symptômes cités dans les enquêtes (Tableau 4)

Tableau 4 : Propriétés thérapeutiques des métabolites secondaires.

Plantes principales	Métabolites secondaires	Propriétés Thérapeutiques	Maladies et Symptômes traités
<i>Persea americana</i>	Alcaloïdes, flavonoïdes	Antihypertenseur, antipaludique, Antitussif, analgésique.	Hypertension artérielle, paludisme, toux, céphalées
<i>Schefflera abyssinica</i>	Alcaloïdes	Sympathomimétique, diurétique	Diabète, œdème chez la femme enceinte
<i>Eucalyptus</i> sp.	Alcaloïdes, flavonoïdes, tanins	Antitussif, antipaludique, antalgique analgésique	Toux, paludisme, névralgie, dysménorrhées
<i>Psidium guajava</i>	Alcaloïdes	Antipaludique	Paludisme
<i>Eryngium foetidum</i>	Huile essentielle, alcaloïdes	Antivenimeux, depressant cardiaque	Empoisonnement, palpitation cardiaque.
<i>Crinum</i> sp.	Flavonols	Anti-inflammatoire	Douleurs articulaires.
<i>Traggia</i> sp.	Flavonoïdes	Antihistaminique	Allergie.
<i>Polyscias fulva</i>	Alcaloïdes, saponines	Analgésique anti-inflammatoire,	Sinusite, céphalées
<i>Dioscorea smilacifolia</i>	Phénols	Antiseptique	leucorrhées
<i>Hibiscus asper</i>	polyphénols	Antibactérien	Troubles digestifs.
<i>Hibiscus rosa sinensis</i>	flavonoïdes, tanins, phénol	Anti-diarrhéique, antiémétique	Diarrhée, vomissement
<i>Gossypium barbadenses</i>	Saponines, phénols	Expectorant, antibactérien	Bronchite, asthme
<i>Alchornea cordifolia</i>	Flavonoïdes, tanins, coumarines.	Antiseptique	Démangeaison vaginale, leucorrhées.
<i>Vernonia</i> sp.	flavonoïdes, flavones	Anti-inflammatoire	Douleurs articulaires
<i>Laggera alata</i>	Phénol	Antibactérien	Infection pulmonaire
<i>Leucas martinicensis</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Splénomégalie
<i>Cola anomala</i>	Xanthines, caféines, kolatine, kolatéine	Antitussif	Asthme, toux.
<i>Euphorbia lateriflora</i>	Phénols	Antibactérien	Hoquet, Onychomycoses.
<i>Smilax kraussiana</i>	Phénols	Antiseptique urinaire	leucorrhées
<i>Acanthus montanus</i>	Flavonoïdes, lignanes	Anti diarrhéique	Diarrhée persistance
<i>Lantana camara</i>	Flavones, isoflavones, flavonoïdes, lignanes, anthocyanines, coumarines, alcaloïdes		Filaires
<i>Annona muricata</i>	Tanins, flavonoïdes, coumarines, polyphénols	Antihypertenseur	Hypertension artérielle

<i>Aleo vera</i>	Huiles essentielles, saponines.		Empoisonnement, démangeaison cutanée.
<i>Bulchholzia coriacea</i>	Alcaloïdes, saponines, flavonoïdes, tanins.	Analgésique, anti-inflammatoire expectorant	Névralgie, asthme
<i>Passiflora foetida</i>	Alcaloïdes, phénols, flavonoïdes.	Antibactérien	Stérilité chez la femme, troubles digestifs
<i>Dioda scandens</i>	Tanin, alcaloïdes, phénol, flavonoïdes	Analgésique, Anti-inflammatoire	Stérilité, dysménorrhées, douleurs testiculaires
<i>Peucedanum zenkeri</i>	Coumarines	Antimicrobien	Gonococcie
<i>Morinda lucida</i>	Huiles essentielles	Antivenimeux	Empoisonnement
<i>Colocasia esculenta</i>	Huiles essentielles	Antivenimeux	Morsure d'abeilles
<i>Costus sp.</i>	Flavonoïdes, saponines, alcaloïdes	Analgésique,	Névralgie, transe
<i>Emilia coccinea</i>	Alcaloïdes	Antipaludique	Paludisme
<i>Pteridium aquilinum</i>	Tanins	Antiseptique	Panaris
<i>Albizia adianthifolia</i>	Saponines, tanins, alcaloïdes	Anti-inflammatoire	Goutte
<i>Vernonia conferta</i>	flavonoïdes		Stérilité
<i>Rauvolfia vomitoria</i>	Alcaloïdes	Sympathomimétique Analgésique.	Diabète, mal de ventre
<i>Aspolia africana</i>	alcaloïdes, Tanin, flavonoïdes	Cicatrisation	Blessures
<i>Ipomoea batatas</i>	Composés phénoliques, anthocyanines	Antiseptique urinaire	Infections urinaires chez les femmes
<i>Physalis peruviana</i>	Alcaloïdes, saponines		Kwashiorkor
<i>Craterispermum sp.</i>	Tanins	Antiulcéreux	Douleurs d'estomac
<i>Centella asiatica</i>	Phénols	Antimicrobien	Dysenterie amibienne, diarrhée
<i>Solanecio mannii</i>	Phénols	Anti-inflammatoire	Douleurs articulaires
<i>Harungana madagascariensis</i>	Coumarines	Antivirale	Zona
<i>Scoparia dulcis</i>	Alcaloïdes, saponines	Antitussif, expectorant	Bronchites, toux chez les enfants
<i>Traggia sp.</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Céphalées
<i>Drymaria cordata</i>	Saponines	Dermatose	Teigne
<i>Ilex mitis</i>	Tanins	Antiseptique	Troubles de la digestion
<i>Stellaria mannii</i>	Phénols	Antibactérien	Fièvre typhoïde
<i>Stereospermum sp.</i>	Tanins, flavonoïdes	Anti-inflammatoire	Stérilité chez la femme, douleur articulaire, hernie ombilicale
<i>Tabernaemontana sp.</i>	Alcaloïdes		Erection, délivrance
<i>Otomeria cameronica</i>	Coumarines	Antimicrobien	Gonococcie, Chlamydia
<i>Alchornea laxiflora</i>	Phénols	Antiseptique urinaire	Leucorrhées, infections urinaires
<i>Trilepisium sp.</i>	Tanins	Cicatrisant, anti-hémorragique	Blessures, écoulement sanguin
<i>Achyranthes aspera</i>	Coumarines	Anti-tumorale	Ulcère de la langue
<i>Mikania cordata</i>	Phénols	Antimicrobien	Trompée bouchée
<i>Cyathea camerooniana</i>	Coumarines	Antimicrobien	Faiblesse sexuelle, Azoospermie
<i>Aframomum sp.</i>	Alcaloïdes	Antihypertenseur	Hypertension artérielle
<i>Chromolaena odorata</i>	Tanins	Cicatrisant	Blessures
<i>Bidens pilosa</i>	Coumarines	Antimicrobien	Fièvre typhoïde, jaunisse, stérilité, troubles digestifs
<i>Aspilina africana</i>	Tanins	Cicatrisant	Morsure de serpent, blessure
<i>Lagera sp.</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Névralgie
<i>Vernonia sp.</i>	Alcaloïdes	Antipaludique, Anti-émétique	Vomissement chez la femme enceinte, paludisme chez le nourrisson
<i>Vernonia amygdalina</i>	Alcaloïdes	Sympathomimétique	Diabète
<i>Erigeron floribundus</i>	Coumarines, tanins	Antimicrobien, cicatrisant	Gonococcie, Chlamydia, blessures
<i>Maesa lanceolata</i>	Polyphénols	Anti-inflammatoire	Carrie dentaire.
<i>Mangifera foetida</i>	Composés phénoliques	Antithrombotique, anti-arthrogène, anti-épileptique	Hypertension artérielle, diabète, épilepsie
<i>Carica papaya</i>	Alcaloïdes, flavonoïdes	Antimicrobien	Jaunisse
<i>Tabernaemontana crassa</i>	Coumarines	Antimicrobien	Troubles de la digestion
<i>Globimetula sp.</i>	Composés phénoliques	Antiépileptique, anti carcinogène	Epilepsie, cancer utérin et du sein
<i>Dacryodes edulis</i>	Flavonoïdes	Anti-inflammatoire	Douleurs articulaires, goutte
<i>Rumex abyssinicus</i>			Kwashiorkor, malnutrition

<i>Capsicum frutescens</i>	Phénols	Antimicrobien	Conjonctivite, mal des yeux
<i>Eremomastax speciosa</i>	flavonoïdes	Antidépresseur, antimicrobien	Etat dépressif, mal d'estomac, palpitation cardiaque
<i>Aframomum</i> sp.	polyphénols	Antimicrobien	Infection oculaire chez le nouveau né
<i>Ipomoea involucrata</i>	Alcaloïdes	Anti-inflammatoire	Hernie testiculaire, ictère, stérilité
<i>Kalanchoe crenata</i>	Alcaloïdes, phénol, coumarine	Analgésique, antimicrobien, analgésique	Douleurs auriculaires
<i>Ficus thonningii</i>			Pneumonie
<i>Sida rhombifolia</i>	Alcaloïdes, saponines		Délivrance
<i>Ficus exasperata</i>	Phénols	Antibactérien	Fièvre typhoïde
<i>Commelina</i> sp.	Alcaloïdes, saponines	Anti-inflammatoire	Douleurs articulaires
<i>Melinis minutiflora</i>	Phénols	Antivirale	Zona
<i>Acalypha</i> sp.	Phénols	Antibactérien, antiseptique	Leucorrhées, faiblesses sexuelles
<i>Vernonia</i> sp.	Coumarines	Antibactérien	Fièvre typhoïde
<i>Psychotria</i> sp.	Alcaloïdes	Sympathomimétique, analgésique	Diabète, mal d'estomac, mal de dent
<i>Dichrocephala</i> sp.	Tanins	Antiseptique	Conjonctivite
<i>Solanum aculeastum</i>	Alcaloïdes, tanins, saponines	Sympathomimétique, antibactérien, cicatrisant	Fièvre typhoïde, fatigue, Diabète, blessures
<i>Solanum torvum</i>	Alcaloïdes, saponines, stérols, triterpènes, coumarines	Antihypertenseur, sympathomimétique	Hypertension artérielle, diabète
<i>Brillantaisia</i> sp.	Alcaloïdes	Antipaludique	Paludisme, délivrance
<i>coreopsis</i> sp.	Saponines, triterpènes		Excrétion du lait maternel
<i>Crassoaphalum biafrae</i>	Coumarines		Palpitation cardiaque
<i>Tephrosia vogelii</i>	Phénols	Antivirale	Varicelle, rougeole
<i>Gaertnera paniculata</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Mal de ventre, ballonnement
<i>Piper umbellatum</i>	Alcaloïdes		Hémorroïdes
<i>Coccinia barteri</i>	Flavonoïdes	Laxatif	Constipation
<i>Pavonia urens</i>	Alcaloïdes		ictère
<i>Entandrophragma cylindricum</i>	Alcaloïdes, coumarines	Analgésique, antibactérien	Dysménorrhée, leucorrhées
<i>Craterispermum cerinanthum</i>	Anthocyanines		Faiblesse sexuelle chez l'homme
<i>Clerodendrum scandens</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Douleurs sévères du ventre
<i>Clerodendrum</i> sp.	Alcaloïdes	Analgésique	Mal de ventre
<i>Clerodendrum umbellatum</i>	Alcaloïdes	Analgésique	Mal de ventre
<i>Mitracarpus scabier</i>	Flavonoïdes	Anti-inflammatoire	Douleur au dos, amaigrissement et réhydratation
<i>Clerodendrum yaoundense</i>	Saponines	Anti-inflammatoire	Dysménorrhée
<i>Lactuca capensis</i>	Saponines		Toux, sang dans les poumons
<i>Graptophyllum pictum</i>	Tanins	Anti-anémique	Anémie
<i>Ocinum gratissimum</i>	Phénols	Anti-hypertenseur	Hypertension artérielle

Les alcaloïdes ont été les plus prédominants (36,53%), puis les phénols (23,70%) après les coumarines (21,15%) les moins représentés ont été les flavonols (1,92%), triterpènes (1,92%) et les anthocyanines (0,96%) (Figure 12).

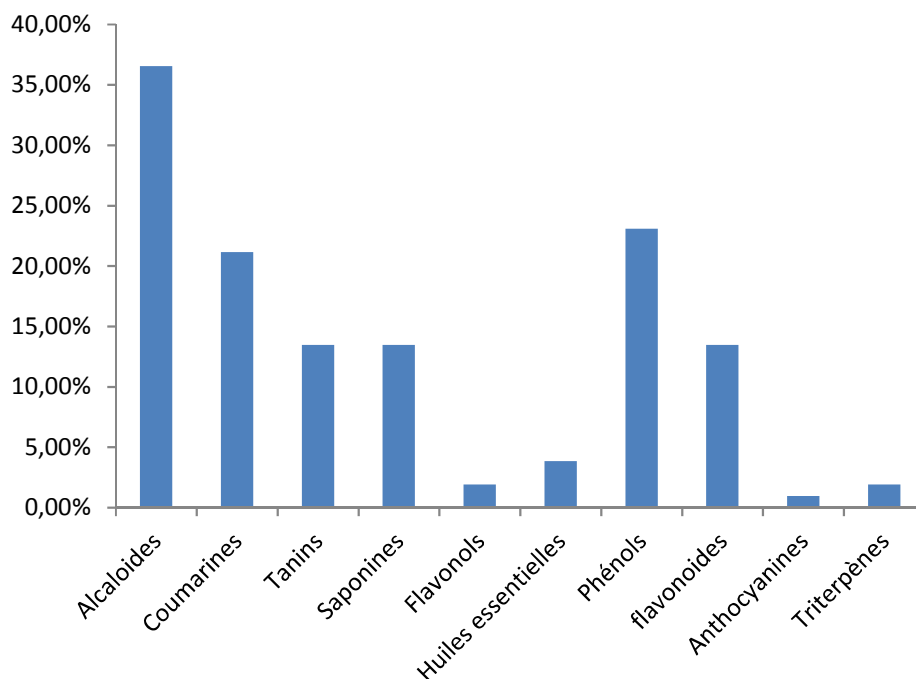


Figure 12. Histogramme des métabolites secondaires

4 DISCUSSION

Le dévouement de la population a été remarquable, aucune distinction de sexe n'a été faite à la fin de l'enquête. Le dépouillement montre que les hommes (55,56%) ont plus participé que les femmes (44,44%) [7]. La prédominance masculine observée dans la détention de ces connaissances est liée à la primauté accordée aux hommes dans nos sociétés en matière d'héritage, de droit à la propriété et de succession au sein du patrimoine en vigueur dans la zone de l'étude [8]. Les populations n'ayant pas d'activités professionnelles stables ont utilisé tous les moyens disponibles que la nature a mis à leur disposition, afin de vaguer à une occupation. L'activité champêtre reste la plus pratiquée en milieu rural et la vente des produits vivriers contribuent de façon manifeste à la subsistance de la population. Sur le plan sanitaire, le manque de moyens financiers et l'application rigoureuse des traditions ancestrales ont obligé celles-ci à l'usage des plantes.

Les plantes médicinales recensées ont appartenu à 104 espèces réparties en 90 genres et 45 familles, attestant la richesse floristique des sites étudiés. D'autres travaux ethnobotaniques en rapport avec ces résultats ont été conduits en Afrique et au [9].

L'enquête ethnobotanique des plantes médicinales effectuée a démontré que la famille la plus représentée est celle des *Asteraceae* (16,83%). La distribution phytogéographique de ces espèces ont témoigné bien du caractère endémique des plantes utilisées ainsi que de la conservation du savoir-faire de la pharmacopée locale.

La fréquence d'utilisation élevée des feuilles s'est expliqué par l'aisance et la rapidité de la récolte, mais aussi parce qu'elles sont le siège de la photosynthèse et parfois du stockage des métabolites secondaires, responsables des propriétés biologiques de la plante [10], [11]. Cependant, la remarque faite sur le terrain a été que les utilisateurs ont tendance à arracher la plante entière, au lieu de s'intéresser uniquement à la partie souhaitée (principalement les feuilles) [12]. Ce mode de récolte a compromis sérieusement la durabilité des espèces médicinales [13].

Cinq types de diaspores ont été recensés et celui des sarcochores ont prédominé, ayant comme mode de dissémination par zoochorie (71%) [14], [15], [16].

Afin de faciliter l'administration de la drogue, plusieurs modes de préparation sont employés à savoir la décoction, l'infusion, la macération, la trituration, l'expression, lyophilisation et la friction. L'eau est le solvant le plus utilisé pour la préparation des recettes. Le mode prédominant est celui de la décoction (48,47%) [17].

La voie orale a été la principale voie d'administration, car plus facile à utiliser [18].

L'étude ethnobotanique des plantes médicinales identifier a permis de recenser 77 maladies et symptômes regroupés en 17 catégories de maladies et symptômes, celle des maladies infectieuses et parasitaires, maladies de l'appareil digestif et les symptômes non classés ailleurs ont prédominé. L' utilisation des plantes communes entre les villages a été remarquable tel que l'atteste les fréquences de citations (FC) supérieurs ou égal à 50 de 9 espèces La connaissance traditionnelle des pratiques médicinales par les enquêtés a été largement répandues dans le département du Haut-Nkam comme, c'est le cas dans la plupart des régions du Cameroun [19], [20]. Les savoirs traditionnels dans le département du Haut-Nkam sont mieux partagés et facilités par la langue vernaculaire unique et le souci de dialogue entre les personnes. Cette approche entre l'ethnologie et la pharmacologie a permis de démontrer et d'expliquer les effets positifs des principes actifs des plantes utilisées pour soigner les symptômes. Le travail a contribué à une meilleure connaissance des soins traditionnels pratiqués dans ces trois villages et ont permis de répertorier un certain nombre de maladies et symptômes traitées par les plantes médicinales. Les valeurs de FC présentant une valeur au-dessus de la moyenne des plantes ont montré que ces plantes pourront être potentiellement actives et donc pourront présenter un grand intérêt dans le traitement des symptômes traités. Plusieurs travaux ont montré que toutes ces espèces étaient riches en métabolites secondaires qui sont des composés chimiques responsables de leur efficacité thérapeutique [21], [22], [23]. Parmi ces métabolites secondaires, les alcaloïdes ont été les plus prédominants (36,53%), les phénols (23,70%) et les coumarines (21,15%). Parmi ces 104 espèces recensées, quarante-une espèces ont été des plantes à alcaloïdes ayant les propriétés thérapeutiques suivants : Analgésique, antipaludique, sympathomimétique, dépressant cardiaque, diurétique indiqué dans le traitement de certaines affections : Mal de nerf, palpitation, Paludisme, Diabète, mal de ventre, diabète, œdème chez la femme enceinte, vomissement chez la femme enceinte, paludisme chez le nourrisson, hernie testiculaire, douleurs sévères du ventre, hémorroïdes, jaunisse, dysménorrhées, amibiase, leucorrhées, douleurs auriculaires, sinusite, céphalées, bronchites, toux chez les enfants, douleurs articulaires, asthme, hypertension artérielle et la diarrhée [24], [25], [26].

Dix-neuf espèces ont été des plantes à phénols ayant les propriétés thérapeutiques suivantes : Antibactérien, anti-inflammatoire, antiparasitaire, antiseptique indiqué dans le traitement de certaines affections : Infection pulmonaire, carie dentaire, fièvre typhoïde, trompée bouchée, onychomycoses, teigne, leucorrhées, infections urinaires, hypertension artérielle, pneumonie, douleurs articulaires, conjonctivite et les infections oculaires chez le nouveau né [23], [24], [27]. Quatorze espèces ont été des plantes à coumarines ayant les propriétés thérapeutiques suivantes : Antimicrobien, anti-ulcerigène, antivirale, antimicrobien, antivirale, anti-inflammatoire, anti-agrégant-plaquettaire, gonococcie, chlamydia, fièvre typhoïde, jaunisse, stérilité, troubles digestifs, zona, douleur articulaire, hernie ombilicale, palpitation cardiaque, démangeaison vaginale, leucorrhées, varicelle, rougeole et les douleurs d'estomac [23], [24], [27]. Il existerait donc une adéquation entre les propriétés thérapeutiques des métabolites secondaires et les indications citées par les populations.

5 CONCLUSION

L'étude menée dans ces trois villages a permis de recenser 104 espèces réparties en 90 genres et 45 familles. Les familles les plus représentées ont été celles des *Asteraceae* et les *Meliaceae*. Les herbacées ont prédominé. Les espèces afro tropicales ont été les plus représentées et le type de diaspore le plus répandu est celui des sarcochores. Les organes végétatifs les plus utilisés ont été les feuilles et les arbustes. Le mode de préparation dominant est la décoction. Soixante douze maladies et symptômes soignés regroupées en 17 catégories ont été recensées. Les plantes citées contenaient pour la plupart des alcaloïdes, phénols et coumarines. La plupart des plantes sont intervenues dans le traitement des maladies infectieuses et parasitaires, maladies de l'appareil digestif, maladies génito-urinaires et les symptômes non classés ailleurs. Les plantes médicinales ayant un facteur de consensus supérieur à 50% pourraient intégrer la pharmacopée traditionnelle du département du Haut-Nkam. Les résultats obtenus constituent une base de données pour les études ultérieures visant à évaluer expérimentalement les potentialités biologiques et chimiques de ces plantes.

REFERENCES

- [1] Handa S. S., Rakesh D. D., Vasisht K., "Compendium of Medicinal and Aromatic Plants ASIA", *Earth, Environmental and Marine Sciences and Technologies*, vol. 6, pp. 82-86, 2006.
- [2] OMS, *Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle*, Genève, 2002.
- [3] Betti J. L., "Medicinal plant sold in Yaoundé markets, Cameroon", *African study monograph*, vol. 23, n° 2, pp. 47-64, 2002.
- [4] FAO, *Situation des Forêts du Monde (5ème Edition)*. In : Frontier S, Pichod-Viale D., *Ecosystèmes : Structure, Fonctionnement, Evolution* (2e Edition). Paris : Collection d'Ecologie 21, Masson, 2003.
- [5] Adamou A., Yedomonhan H., Djossa B., Legba S. I., Oumorou M., Akoegninou A., "Étude ethnobotanique des plantes médicinales vendues dans le marché d'Abomey-Calavi au Bénin". *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 6, n° 2, pp. 745-772, 2012.

- [6] Nacoulma-Ouédraogo O., *Plantes médicinales et pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso: cas du Plateau central*. Thèse de Doctorat des Sciences Naturelles, Burkina-Faso, Université de Ouagadougou, 1996.
- [7] Heinrich M., Ankli A., Frei B., Weimann C., Sticher, "Medical plants of Mexico: healer's consensus and cultural importance", *Social science and medicine*, vol. 47, pp. 1859-1871, 1998.
- [8] Molares S., Ladi A., "Ethnobotanical review of the Mapuche medicinal flora: use pattern on a regional scale", *Journal of ethnopharmacology*, vol. 34, pp. 75-80, 2009.
- [9] Treyvaud-Amiguet, Giday M., Mekonnen Y., "Knowledge and use of medicinal plants by people around debre libanos monastery in Ethiopia", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 111, pp. 271-283, 2006.
- [10] Pirker, Haselmair R., Kunhn E., Shunko C., Vogl C., "Transformation of traditional knowledge of medicinal plants. The case of tyroleans who migrated to Australia, Brasilia and Peru", *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, vol. 8, pp. 44-57.
- [11] Ngoule C. C., Ngene J. P., Kidik Pouka M. C., Ndjib R. C., Dibong S. D., Mpondo Mpondo E., "Inventaire et caractérisation floristiques des plantes médicinales à huiles essentielles des marchés de Douala Est (Cameroun)", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 9, n° 2, pp. 874-889, 2012.
- [12] Yangni Angate A., *La revalorisation de la médecine traditionnelle*. Ed. CEDA, Abidjan, 2004.
- [13] Kahouadji M. S., *Contribution à une étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Maroc Oriental*. Thèse de 3^{ème} cycle, Université Mohamed, Maroc, 1995.
- [14] Zerbo P., Millogo-Rasolodimby J., Nacoulma- Ouedraogo Og., Van Damme P., "Contribution à la connaissance des plantes médicinales utilisées dans les soins infantiles en pays San, au Burkina Faso", *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, vol. 1, pp. 262-274, 2007.
- [15] Mangambu M., Kamabu V., Bola M. F., "Les plantes médicinales utilisées dans le traitement de l'asthme à Kisangani et ses environs (Province Orientale, R.D.Congo) ", *Annales des Sciences, Université Officielle de Bukavu*, vol. 1, n° 1, pp. 63-68, 2008.
- [16] Cunningham A. B., *Peuples, parc et plantes. Recommandations pour les zones à usages multiples et les alternatives de développement autour du parc national de Bwindi Impénétrable, Ouganda*. Documents de travail Peuples et Plantes n° 4. UNESCO, Paris, 1996.
- [17] Lumbu S., Kahumba B., Kahambwe T., Mbayo T., Kalonda M., Mwamba M., Penge O., 2005. "Contribution à l'étude de quelques plantes médicinales anti diarrhéiques en usage dans la ville de Lubumbashi et ses environs", *Annales de Pharmacie*, vol. 3, n° 1, 75-86.
- [18] Betti J. L., Mebere Yemefa S. R., "Contribution à la connaissance des produits forestiers non ligneux du parc de Kalamaloué, Extrême Nord Cameroun : les plantes alimentaires", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, n° 1, pp. 291-303, 2011.
- [19] Akono N. P., Bilong P., Tchoumboungang F., Bakwo E. M. F., Fankem H., "Composition chimique et effets insecticides des huiles essentielles des feuilles fraîches d'*Ocimum canum* Sims et d'*Ocimum basilicum* L. Sur les adultes d'*Anopheles funestus* SS, vecteur du paludisme au Cameroun", *Journal of Applied Biosciences*, vol. 59, pp. 4340-4348, 2012.
- [20] Ngankoué M. C., *Caractéristiques floristiques et importance économique des produits forestiers non ligneux alimentaires*. Mémoire de DEA, Université de Douala, 2013.
- [21] Ilumbe G. B., Van Damme P., Lukoki F. L., Joiris V., Visser M., Lejoly J., "Contribution à l'étude des plantes médicinales dans le traitement des hémorroïdes par les pygmées Twa et leur voisin Oto debikoro, en RDC", *Congo Sciences*, vol. 2, pp. 46-54, 2014.
- [22] Adjanohoun, Aké Assi, Hambaba L., Aberkane M. C., Oued- Mokhtar S. M., Fercha N., Boussella N., "Évaluation de l'activité hémostatique in vitro de l'extrait aqueux des feuilles de *Marrubium vulgare* L. ", *Algerian Journal of Natural Products*, vol. 2, pp. 64-74, 2014.
- [23] Ulanowska K., Traczyk A., Konopa G., Wegrzym G., "Differential antibacterial activity of genistein arising from global inhibition of DNA, RNA and protein synthesis in some bacterial strains", *Arch. Microbiol.*, vol. 184, pp. 271-278, 2006.
- [24] Wilson A., "Flavonoids pigments in chalkhill blue (*Lysandra coridonpoda*) and other lycaenid butterflies", *J. Chem. Ecol.*, vol. 13, pp. 473-493, 1987.
- [25] Sereme A., Millogo-rasolodimby J., Guinko S., Nacro M., "Propriétés thérapeutiques des plantes à tanins du Burkina Faso", *Pharmacopée et Médecine traditionnelle Africaines*, vol. 15, pp. 41-49, 2008.
- [26] Biaye M., *Action pharmacologique des tanins*. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Dakar, 2002.
- [27] Mpondo Mpondo E., Dibong S. D., Ladoh Yemeda C. F., Priso R. J., Ngoye A., "Les plantes à phénols utilisées par les populations de la ville de Douala". *Journal of Animal and Plant Sciences*, vol. 15, pp. 2083-2098, 2012.

ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DES SITES D'HABITATIONS INCONTROLEES ET DEFIS A LA GESTION DURABLE DES TERRES MARGINALES URBAINES A KINSHASA-SUD/RDC

Jean Willy Ndemi Kyling¹ and Constantin Lubini Ayingweu²

¹Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa XI, RD Congo

²Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoirs Endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study on the topography and the environmental aspects of the irrational occupations of the urban grounds of the Commune of Kisenso with Kinshasa was undertaken in order to determine the constructible zones on the basis of principle of the ekistics one. With this intention, it laid down two objectives: establishment of level lines on the whole of the surface of the Commune and the determination of the constructible zones. The results obtained make it possible to conclude that: the Commune of Kisenso is built on a hill whose altitudes lie between 325-450 m. the proportions of the slopes are variable: 0-2 %; 2-4 %; 4-8 %; 8-12 %; 12-15 %. The establishment of the plan of the slopes made it possible to deduce the constructible zones from Kisenso with 40.70% and the unconstructible zones to 59.30%. Their surfaces rise respectively to 659.517334 ha and 962.122670 ha. However, the absence of induced adjustment of the free compartmental occupations of the constructible and marginal zones. The current number of the pieces of the Commune of Kisenso occupied freely is 2168. However, in accordance with the ekistics standards, Kisenso should contain 393 pieces. Thus, the uncontrolled extension of occupations of the grounds of the Commune causes erosions, floods, stranding which constitute recurring calamities at each rain season.

KEYWORDS: Environmental analysis, uncontrolled houses, sustainable management, marginal grounds, Kinseso, Kinshasa.

RESUME: Une étude sur la topographie et les aspects environnementaux des occupations irrationnelles des terres urbaines de la Commune de Kisenso à Kinshasa a été entreprise en vue de déterminer les zones constructibles sur la base de principes de l'ékistique. Pour ce faire, elle s'est fixé deux objectifs: l'établissement de courbes de niveau sur l'ensemble de l'aire de la Commune et la détermination des zones constructibles. Les résultats obtenus permettent de conclure que: la Commune de Kisenso est bâtie sur une colline dont les altitudes sont comprises entre 325-450 m. Les proportions des pentes sont variables: 0-2 %; 2-4 %; 4-8 %; 8-12 %; 12-15 %. L'établissement du plan des pentes a permis de déduire les zones constructibles de Kisenso à 40,70 % et les zones non constructible à 59,30 %. Leurs superficies s'élèvent respectivement à 659,517334 ha et 962,122670 ha. Cependant, l'absence d'aménagement induit des occupations parcellaires libres des zones constructibles et marginales. Le nombre actuel des parcelles de la Commune de Kisenso occupées librement est de 2168. Or, suivant les normes ékistiques, Kisenso devrait contenir 393 parcelles. Ainsi, l'extension incontrôlée d'occupations des terrains de la Commune occasionne des érosions, inondations, ensablements qui constituent des calamités récurrentes à chaque saison des pluies.

MOTS-CLEFS: Analyse environnementale, habitations incontrôlées, gestion durable, terres marginales, Kinseso, Kinshasa.

INTRODUCTION

La Commune de Kisenso localisée dans le sud-est de Kinshasa est l'une des 24 Communes que compte cette ville géographiquement située entre 4,19° et 5,1° de latitude Sud et 15,14° et 16,6° de longitude est [1]. Kisenso qui couvre une superficie de 16,60 km² est délimitée: au nord, par l'avenue Frontière qui la sépare la Commune de Matete; à l'est par la

rivière N'djili formant sa frontière avec la Commune de N'djili; à l'ouest, par la rivière Matete la séparant la Commune de Lemba et au sud par le ruisseau Kwambila qui la délimite avec la Commune de Mont-Ngafula.

Ces caractéristiques géomorphologiques indiquent qu'il s'agit des terres sensibles aux érosions hydriques et a des inondations ; leur aménagement en vue de construire des habitations devraient faire l'objet des études topographiques préalables afin d'éviter des érosions et inondations éventuelles [2]. La Commune de Kisenso se caractérise par son espace constitué de collines dont l'altitude générale varie entre 450-325 mètres. Ces collines forment une chaîne de sols éluvionnaires sis au sommet, sol colluvion aires sur les pentes et les sols alluvionnaire localises dans les bas de pentes. Ces différents sols sont essentiellement sableux ou sablonneux. Il s'agit des terres marginales [3] requérant une protection entre les érosions hydriques, ou, le cas échéant, contre les inondations

METHODES D'APPROCHE

Cette note se propose d'analyser la structure topographique de l'ensemble des terres de la Commune par l'établissement des cartes de courbes de niveau afin de déduire les zones constructibles selon les normes de l'écististique et le cas échéant mettre à la disposition de décideur un document susceptible de servir de base pour entreprendre des activités visant l'amélioration des conditions résidentielles des population établies sur ces terres marginales. Pour l'élaboration des cartes topographiques utiles pour l'analyse, diverses méthodes cartographiques numériques sont utilisées pour l'établissement des courbes de niveau intégrées de Kinshasa sud et l'estimation des aires constructibles et non constructibles de la Commune de Kisenso.

ETABLISSEMENT DE COURBES DE NIVEAU

Observation directe ou prospection du terrain : après la localisation du site de notre étude, une prospection a été faite afin de mieux connaître et se familiariser avec l'aire d'étude.

Collecte des coordonnées géographiques sur le terrain : les coordonnées géographiques ont été prélevées à l'aide du GPS suivant les trois axes x, y et z de l'espace tridimensionnel afin de déterminer les différentes positions géographiques du terrain avant leur représentation sur les cartes.

Traitement de coordonnées géoréférencées et l'habillage des cartes : les coordonnées géoréférencées ont été traitées automatiquement grâce aux logiciels topographiques Arc Gis, Autocad et Quovadis. Ce traitement a permis d'avoir des cartes brutes. L'habillage au laboratoire a consisté à : la mise en forme par le quadrillage, le placement des signes conventionnels cartographiques (légende, orientation géographique, etc.) et la coloration des espaces et impression.

Ces différentes étapes ont permis d'atteindre plusieurs résultats utiles pour l'étude, à savoir : élaboration d'une carte de délimitant de l'aire géographique de Kisenso à l'échelle de 1/25.000 ; établissement de la carte de courbes de niveau à l'échelle de 1/40.000; mise en place d'une carte de plan de pente à l'échelle de 1/10.000.

DETERMINATION DE ZONES CONSTRUCTIBLES ET INCONSTRUCTIBLES

Dans la détermination des zones constructibles et inconstructibles, les procédés suivants ont été suivis pour la caractérisation des plages : (i) sur une carte de fond topographique de Kisenso, l'on a effectué un prélèvement de différentes courbes de niveau en une équidistance de 20 m; (ii) après ce processus, l'on s'est référé à l'échelle du plan (échelle : 1/1000) pour la confection de la pignage ayant servi à la détermination des pentes. Partant de la caractérisation de la pignage, les différentes distances ont été rapportées aux diverses pentes considérées par l'étude. Ainsi à l'aide de la pignage confectionnée conformément aux couleurs administrées suivant les normes urbanistiques de lotissement, les différentes pentes ont été fixées en degré de pourcentage. Ceci a permis l'élaboration de différentes plages d'inclinaisons. Pour cette étude, les différentes plages de degré d'inclinaison retenues sont : 0-2 % ; 2-4 % ; 4-8 % ; 8-12 % ; 12-20 % et 20 plus. Soit une conversion des pentes supérieures en formes décimales ci-après : 0,02 (2 %) ; 0,04 (4 %) ; 0,06 (6 %) ; 0,08 (8 %) ; 0,12(12 %) ; 0,15 (15 %) et 0,20 (20 %). Les plages de pourcentages de pente sont représentées par la figure 2 (la pignage) :

Pente	%	Equidistance (m)	Plage a bande	Distance (cm)
2	0.02	20		10
4	0.04	20		05
8	0.08	20		2.5
12	0.012	20		1.7
15	0.015	20		7.0
20	0.020	20		1.0

Dans cette pign confectionnée pour la détermination des zones constructibles et inconstructibles de Kisenso, les distances réduites à l'échelle auront comme valeurs respectives en cm :

0-2%	2-4%	4-8%	8-12 %	12-20 %	+ 20%	Néant
------	------	------	--------	---------	-------	-------

Distance (D) : Equidistance (E)/Pente (P)

Pente (P) : Equidistance (E)/Distance (D)

➤ Pour l'analyse des résultats de la pign

L'analyse ou l'interprétation des résultats cartographiques a été faite sur la base de l'approche systémique. Cette analyse de données topographiques de terrain dans leur complexité permettra à l'étude environnementale topographique de mettre en exergue ou non l'existence de la crise foncière à Kisenso.

RESULTATS

Les résultats de l'étude sont présentés de la manière suivante : présentation de coordonnées géographiques partielle de délimitation de la Commune de Kisenso, mise en œuvre de la carte topographique ou de courbes de niveau intégrées de Kinshasa sud, caractérisation de plans de pente et détermination du nombre de parcelles requis pour la durabilité environnementale de la Commune de Kisenso classée dans la zone 1 BEAU d'aménagement de l'espace.

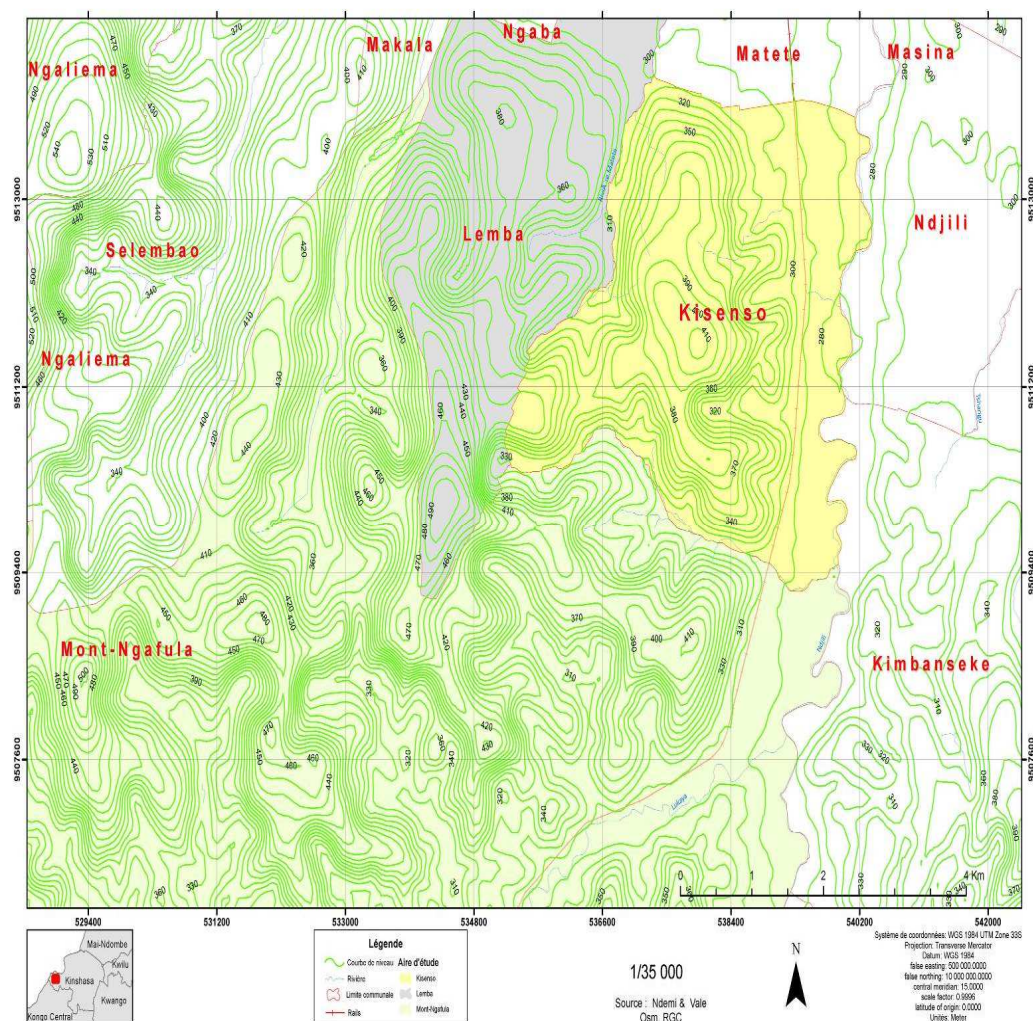
COORDONNEES GEOGRAPHIQUES PARTIELLES DE LA DELIMITATION DE KISENSO

Pour mieux circonscrire géographiquement l'espace physique de Kisenso, aire de cette étude, ci-dessous les résultats de ses coordonnées géographiques (x, y, z) obtenus sur le terrain :

- à l'est : 0539265, 9513947 et 229;
- au nord : 0536652, 9512908 et 307 ;
- à l'ouest : 0537903, 9513671 et 343 ;
- et au sud : 05338933, 9504493 et 306.

CARTE TOPOGRAPHIQUE

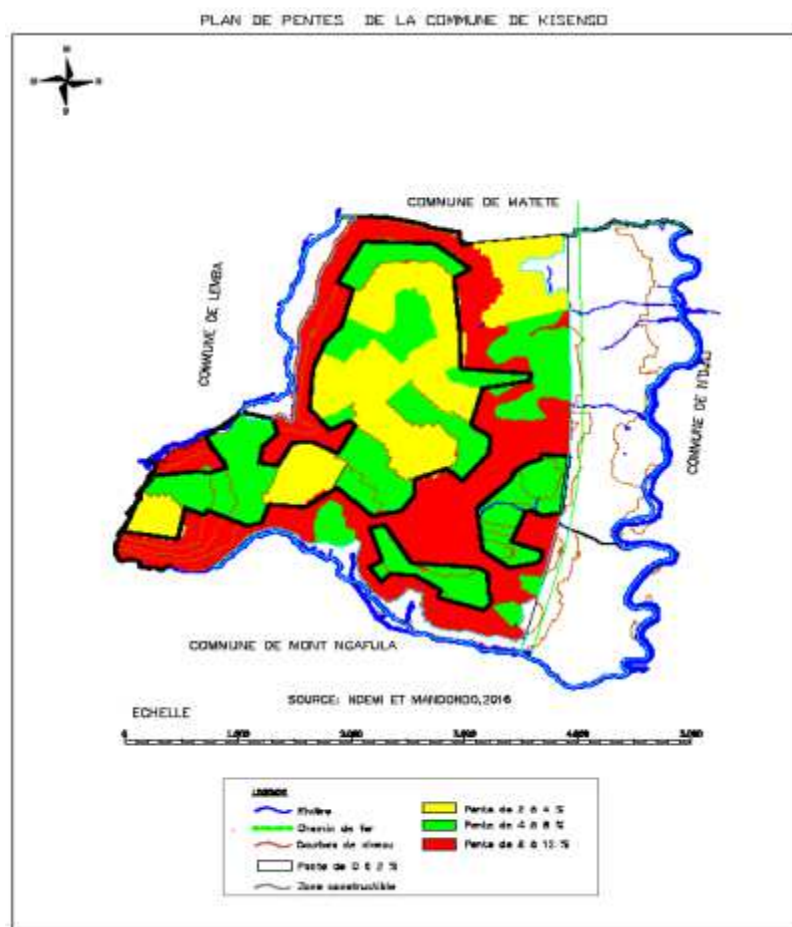
Une carte topographique ou à courbes de niveau intégrées de Kinshasa sud a été établie en vue de déterminer les zones constructibles et inconstructibles. Les coordonnées géographiques` (x, y, z) intégrales de la Commune de Kisenso ont permis l'élaboration de la Carte topographique 1 ci-dessous :



La carte topographique 1 couvre toute la partie méridionale de Kinshasa (Kisenso, Mont-Ngafula et Lemba sud). Dans cette carte, Kisenso est représentée sur le fond topographique jaune. Les courbes de niveau se renferment et montre la morphologie collinaire de Kinshasa sud. La dernière et petite courbe de niveau interne est située au quartier Mission et constitue probablement le sommet de la colline de Kisenso avec son pic à l'Eglise catholique Saint Etienne. La concentration lâche des courbes de niveau dans la partie ouest de Kisenso montre l'existence d'une pente raide dans le versant occidental de la colline de Kisenso. Les quartiers ouest de Kisenso en pente relativement raide sont : 17 Mai, Révolution et Mujinga versant ouest. Cependant, la concentration de courbes de niveau est forte dans les quartiers : Amba, Bikanga, De la Paix, Kabila, Kisenso, Libération, Mbuku et Ntomesa. Elle est à la base de la très forte déclivité de terrain de ces quartiers qui forment la ceinture de grands ravins de Kisenso. En revanche, dans la zone est de Kisenso comprise entre le chemin de fer et la rivière Ndjili, les courbes de niveau sont linéaires sans traverser la rivière Ndjili. C'est la partie basse de Kisenso. Elle comprend trois quartiers : Dingi-Dingi, Nsola et Gare.

CARACTERISATION DU PLAN DE PENTE DE KISENSO

A partir de la carte topographique ci-dessus, un plan de pentes a été élaboré pour caractériser les différentes plages topographiques du site. Les résultats de ces différentes plages sont contenus dans la carte 2.



Carte 2 de plages topographiques délimitant les superficies de zones constructibles ou non de Kisenso

Suivant les différentes couleurs de plan de pentes et leurs pourcentages respectifs, le site de Kisenso est un amphithéâtre à trois niveaux de plage en pente : pente de 2-4% (couleur jaune), pente de 4-8 % (couleur verte) et pente de 8-12 % (rouge). Ces plages établies et les superficies qu'elles représentent permettent la détermination des zones constructibles et inconstructibles dans la Commune de Kisenso. Les zones constructibles (conditionnées) contiennent les plages de 2-4 % et 4-8 %. Les zones inconstructibles renferment l'espace physique compris entre 8-12 % [4]. L'estimation de plages topographiques ont permis d'évaluer chaque superficie. Les résultats de cette évaluation sont repris dans le tableau 1.

DELIMITATION DE ZONES CONSTRUCTIBLES ET NON CONSTRUCTIBLES DE KISENDO

Tableau 1. zone constructible et inconstructible de la Commune de Kisenso

Couleur	Pourcentage des pentes (%)	superficie (ha)	%
Blanche	0 – 2	593,407719	36,59
Jaune	2 – 4	266,111616	16,41
Verte	4 – 8	393,405718	24,26
Rouge	8 – 12	368,714648	22,74
Total		1621,639701	100
Zone constructible		659,517334	40,70
Zone inconstructible		962,122670	59,30

Selon les résultats du tableau 1, la superficie totale de la Commune de Kisenso comprend 59,30 % de zones non constructibles contre seulement 40,70 % de superficie de zones constructibles sous des conditions exigées par les normes

urbanistiques. La forte occupation spatiale des zones inconstructibles est à l'origine de la crise foncière et environnementale du milieu.

NOMBRE IDEAL DE PARCELLES REQUISES A KISENSO : ZONE 1 BEAU D'AMENAGEMENT

Pour la zone constructible en prenant en compte les normes urbanistiques de lotissement définies par le BEAU, Atlas de Kinshasa et reprises par [5], les taux d'occupation des sols pour un aménagement durable se répartissent comme suit : habitat (60 %); voiries (20 %); espaces verts (5 %); espaces publics et verts (5 %) et équipements prévus (10 %).

En appliquant ces exigences ékistiques dans les zones constructibles conditionnées de Kisenso, l'étude en est arrivée aux résultats qui sont confectionnés au tableau 4.

Tableau 2 relatif aux superficies des zonages de Kisenso en cas d'aménagement durable

Commune	Zone constructible : 100 % (ha)	Habitat : 60 % (ha)	Voirie : 20 % (ha)	Equipements : 10 % (ha)	Espaces verts : 5 % (ha)	Espaces publics et verts : 5 % (ha)
Kisenso	65,517334	39,310400	13,103466	6,551733	3,275866	3,275866

Par ailleurs, en nous référant aux données du tableau 3 et en considérant que les normes d'une parcelle bâtie en zone collinaire exigent une superficie de 100 m x 100 m, le tableau 3 tente d'établir le rapport entre la superficie de parcelles prévues dans la zone 1 (collinaire) en rapport avec le nombre de parcelles actuelle dans la Commune de Kisenso.

Tableau 3 établissant les rapports entre le nombre actuel de parcelles et le nombre idéal de parcelles pouvant réellement existé dans la partie constructible de Kisenso topographiquement placée en Zone 1

Commune	Zone constructible (ha)	Superficie de la parcelle prévue par l'étude (ha)	Nombre de parcelles proposées	Nombre actuel de parcelles	Ecart ou dépassement en nombre de parcelles
Kisenso	39,310400	1000,00	393,00	2.168,00	1775,00

Par rapport à différentes dimensions d'affectation de l'espace foncier de Kisenso zone I, le tableau 3 révèle un écart considérable de nombre de parcelles prévues par les normes urbanistiques de lotissement et le nombre actuel de parcelles, soit un écart de dépassement de 1.775,00 de nombre de parcelles en zones inconstructibles.

DISCUSSION

La commune de Kisenso est l'un des sites collinaires de la ville de Kinshasa sud. Sur le plan de l'ékistique, Kisenso occupe la classe 1 BEAU (1975). C'est un amphithéâtre bâti sur une altitude comprise entre 325-450 m et un plan de pente varié: 0-2 % ; 2-4 % ; 4-8 % ; 8-12 % ; 12-15 %. A ce point de vu, sa morphologie exige un aménagement spécifique rationnel.

Or, dans son état actuel, la Commune de Kisenso est caractérisée par le non aménagement et les occupations foncières libres irrationnelles. Celles-ci sont d'une longue durée et remontent de l'année 1933 [6]. Environ 90 % de l'espace physique de Kisenso sont occupés librement pour faire face au besoin accru de logement qui est apparu dans la ville à partir de l'année 1960 [7]. Actuellement, Kisenso compte 2168 parcelles contre 393 parcelles prévues suivant les normes de l'ékistique.

Sur le plan de la proportion des aires occupées, les résultats de l'étude ont établi que 962,122670 ha (59,30 %) sont occupés librement dans des zones non constructibles : pente de plus 12 %. En plus, les occupations des zones non constructibles sont irrationnelles, parce qu'elles ont envahi les espaces destinés aux autres fonctions urbaines : voiries (20 %), équipements (10 %), espaces verts et ouverts au public (10 %). Le manque de rationalité dans les occupations foncières libres est à la base de plusieurs impacts environnementaux : érosions, inondations, ensablements, privation des structures d'équipements des services sociaux et dysfonctionnement du tissu urbain, enclavement des quartiers et avenues...

CONCLUSION

L'ensemble de l'étude de la Commune de Kisenso à Kinshasa a fait l'objet d'une analyse cartographique de courbes de niveau en vue de déterminer les zones constructibles et inconstructibles et estimer ainsi le nombre idéal de parcelles résidentielles selon les normes de l'ékistique. Les résultats obtenus montrent qu'un peu plus de la moitié de l'étendue de la Commune représente une zone inconstructible. Le nombre actuel de parcelles résidentielles est très largement en dépassement. Cette situation a pour conséquences des constructions non viables, absence presque totale des équipements collectifs, enclavement des quartiers, érosions hydriques, inondations et ensablements, perte de vies humaines en période de pluies intenses.

REFERENCES

- [1] Lelo Nzuzi, (2004), la pauvreté à Kisenso. éd. le Harmattan, Paris.
- [2] Lubini Ayingweu, (inedit), étude pour lutte antiérosive et aménagement de voies de désenclavement à Kisenso ville de Kinshasa. pp 1-11
- [3] Munkuamo Ngozaleze, (2016), thèse de doctorat, vulnérabilités environnementales et résiliences urbaines à Kinshasa /RDC
- [4] Ndemi Kyling, (2010), mémoire de DEA, Impact des constructions anarchiques sur la gestion de l'environnement dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa : cas du quartier Kimbondo.
- [5] Anonyme, (2013), Schéma d' Orientation Stratégique de l'Agglomération de Kinshasa (SOSAK) et Plan Particulier d'Aménagement (PPA) de la partie nord de la ville.
- [6] Anonyme, (2013), Schéma d' Orientation Stratégique de l'Agglomération de Kinshasa (SOSAK) et Plan Particulier d'Aménagement (PPA) de la partie nord de la ville.
- [7] Fumunzanza Muketa, (2008), Kinshasa, d'un quartier à un autre, éd. le Harmattan, Paris. p335
- [8] Lelo Nzuzi, (2008), Kinshasa, ville et environnement. éd. le Harmattan, Paris.

UTILISATION DE TERRES MARGINALES ET IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LA COMMUNE URBAINE DE KISENSO A KINSHASA

Jean Willy Ndem Kyling¹ and Constantin Lubini Ayingweu²

¹Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa XI, RD Congo

²Laboratoire Systémique, Biodiversité, Conservation de la Nature et Savoirs Endogènes, Département des Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The town of Kinshasa, by its spectacular space extension is confronted with many environmental problems, in particular that relating to the land stock management.

Observations of ground supplemented by a socio-economic and demographic investigation into the management of the urban grounds in the Commune of Kisenso with Kinshasa were undertaken in order to release the repercussions environmental S rising from the dualistic management of the urban administration and usual Heads of the land resources. The results obtained reveal that:

- 60% of the surveyed pieces are directly affected by erosions including 55.2% exposed to erosions;
- 25% of the pieces are affected by floods and 15% by stranding;

Concerning the causes at the base of degradation of the grounds of the Commune, the results indicate the inexistence of networks of drainage of water, the bad topographic orientation of the dwellings as well as the lack of sumps in the pieces is 47.60 %, 19.40% and 16.40% respectively of the questioned people.

Lastly, the investigation into the causes of this ground management of the Commune accuses the absence of a policy of habitat, anarchy in the distribution of pieces and the dualistic administration of the land administration and usual Heads.

KEYWORDS: use, marginal grounds, environmental impacts, Kisenso, Kinshasa.

RESUME: La ville de Kinshasa, par son extension spatiale spectaculaire est confrontée à de nombreux problèmes environnementaux, notamment celui relatif à la gestion des ressources foncières.

Des observations de terrain complétées par une enquête socioéconomique et démographique sur la gestion des terres urbaines dans la Commune de Kisenso à Kinshasa ont été entreprises en vue de dégager les répercussions environnementales découlant de la gestion dualiste de l'administration urbaine et Chefs coutumiers des ressources foncières. Les résultats obtenus révèlent que :

- 60 % des parcelles enquêtées sont directement affecté par des érosions dont 55,2 % exposées aux érosions ;
- 25 % des parcelles sont affectées par des inondations et 15 % par des ensablements ;

Concernant les causes à la base de dégradation des terres de la Commune, les résultats indiquent l'inexistence de réseaux de drainage des eaux, la mauvaise orientation topographique des habitations ainsi que le manque de puisards dans les parcelles soit 47,60 %, 19,40 % et 16,40 % respectivement des personnes interrogées.

Enfin, la recherche des causes de cette gestion de terres de la Commune incrimine l'absence d'une politique d'habitat, l'anarchie dans la distribution de parcelles et l'administration dualiste de l'administration foncière et Chefs coutumiers.

MOTS-CLEFS: utilisation, terres marginales, impacts environnementaux, Kisenso, Kinshasa.

1 PROBLÈME ET OBJECTIFS

Kisenso, site collinaire de la partie méridionale de Kinshasa, connaît ses premières occupations humaines dans les années 1930 [1]. Suivant cet auteur, la colonisation de cette colline s'est faite progressivement par des établissements d'hameaux de communautés de tribus autochtones. Plus de quatre-vingts ans après, ses premières occupations, la Commune de Kisenso offre le spectacle d'une colline sursaturée d'occupations humaines. En 2015, cette entité administrative de 16,60 km², 2. 168 parcelles, soit un dépassement de 1.775 parcelles par rapport aux normes parcellaires de la zone collinaire de classe I (Bureau d'Etude d'Aménagement Urbain, 1975) [2].

En effet, l'exode rural qui a suivi l'accession du pays à l'indépendance en 1960, a vu l'augmentation de la population de la capitale congolaise, occasionnant ainsi un problème de logement aggravé par l'absence d'un plan de lotissement et construction des nouveaux logements. Devant cette carence, la population en forte augmentation et pauvre a occupé tous les espaces, même les terrains collinaires de la partie sud de la ville. Actuellement, toute l'étendue de la Commune de Kisenso s'intégrant dans cette zone collinaire est confrontée aux érosions hydriques, ensablements et inondations dans les vallées humides. Cette situation crée non seulement des problèmes environnementaux mais aussi des répercussions socioéconomiques [3].

Cette note se propose d'identifier et analyser les problèmes nés de l'occupation incontrôlée des terres de la Commune de Kisenso à Kinshasa afin de proposer des pistes de solutions pour tenter de rétablir les équilibres naturels rompus.

2 MILIEU D'ÉTUDE, MÉTHODES

Le milieu d'investigation, les méthodes et techniques utilisées dans cette étude sont traités dans les points qui suivent.

2.1 MILIEU PHYSIQUE

La Commune de Kisenso fait partie de la ville de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo et s'intègre dans sa partie méridionale. Ce site a une superficie de 16,60 km². L'espace géographique de Kisenso est limité :

- au nord, par l'avenue Frontière constituant sa limite avec la Commune de Matete ;
- à l'est, par la rivière N'djili ;
- au sud par le ruisseau Kwambila la séparant de la Commune de Mont-Ngafula ;
- et à l'ouest, par la rivière Matete qui la sépare de la Commune de Lemba. La carte 1 reprend les divisions administratives de cette Commune.

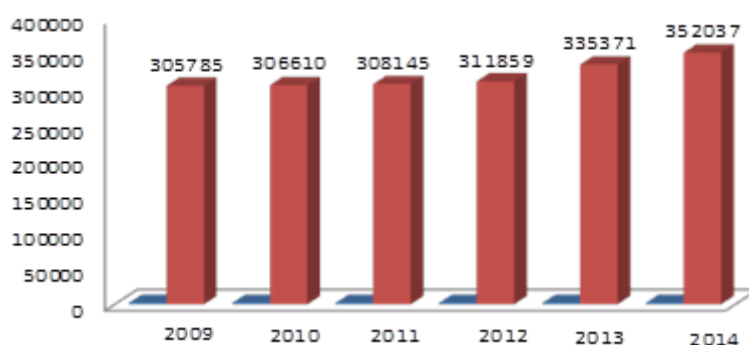


Figure 1. Evolution démographique de la population de Kisenso entre 2009-2014

De cette figure, on retient un accroissement régulier de la population de cette Commune.

Les dernières données statistiques disponibles de l'effectif de la population de Kisenso datent de l'année de 2014. Soit 352037 habitants et une très forte densité d'environ 2012,07/ ha

2.3 MÉTHODES

Des observations relatives à l'état des infrastructures, des parcelles résidentielles et d'accessibilité complétées par une enquête sociodémographique réalisée sur un échantillon aléatoire représentatif de 500 parcelles représentant les 17 Quartiers de la Commune ont été faites afin d'obtenir les données qui sont analysées. D'autres techniques utilisées sont : entretien semi-structuré, documentation, etc.

3 RÉSULTATS

Les résultats de l'enquête sociodémographique présentés comprennent les aspects ci-après : Echelle de perception des problèmes environnementaux prioritaires par les habitants de la Commune de Kisenso, causes de problèmes environnementaux, causes de désordres foncières, Administration foncière des espaces urbains, pauvreté et contrainte socioéconomique d'occupation foncière irrationnelle de terres marginales, conséquences environnementales de l'occupation parcellaire libre.

3.1 DETERIORATION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE ET LA CRISE FONCIERE

La figure ci-dessous reproduit les résultats de différents problèmes environnementaux dans la Commune de Kisenso tels que perçus par les enquêtés.

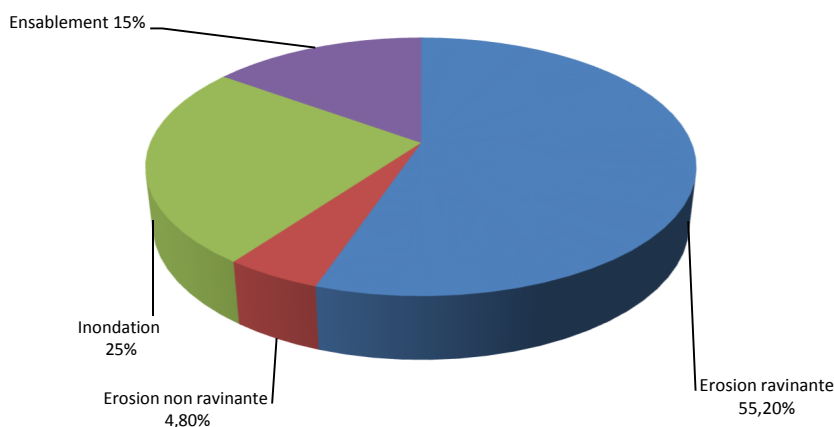


Figure 3.1. Echelle de perception des problèmes environnementaux prioritaires pour les habitants de la Commune de Kisenso

Suivant la figure 1, il existe plusieurs problèmes environnementaux dans les quartiers de Kisenso. Les résultats sur l'échelle de perception des problèmes prioritaires par les habitants se présentent comme suit : 60 % de parcelles enquêtées sont directement affectées par les érosions à Kisenso dont 55,2 % d'entre elles sont exposées aux érosions ravinantes. 40 % d'autres parcelles connaissent des inondations (25 %) et ensablement (15 %).

3.2 CAUSES DE PROBLÈMES ENVIRONNEMENTAUX

Afin de connaître les causes de la dégradation environnementale de la Commune de Kisenso, nos observations sur le terrain et l'enquête réalisées mettent en cause l'irrationalité de la gestion de l'espace physique. Dans le tableau 2 suivant sont indiquées les principales causes.

Tableau 2: Erosions pluviales et facteur de dégradation environnementale

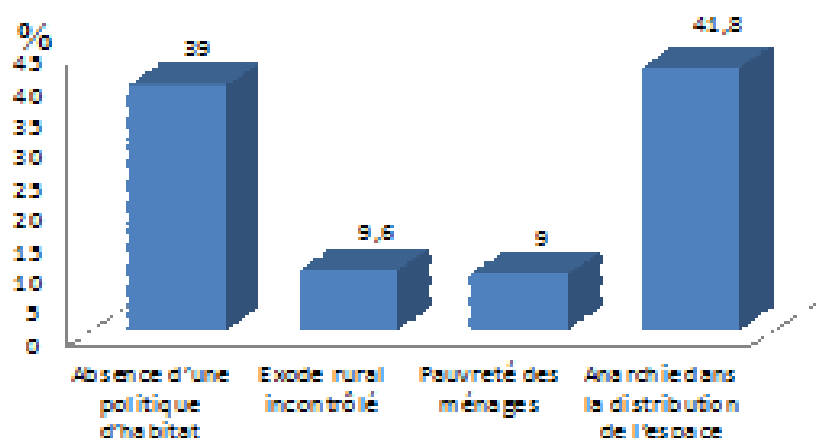
Commune	Causes des érosions pluviales	Effectif	Pourcentage
Kisenso	Inexistence de réseaux de drainage des eaux	238	47.60
	Mauvaise orientation topographique de l'habitat	97	19.40
	Intensité pluviométrique élevée ayant une forte puissance érosive	74	14.80
	Gestion irrationnelle des eaux pluviales des parcelles	9	1.80
	Manque de puisards dans les parcelles	82	16.40
Total		500	100

Trois causes sont à la base de dégradation engendrant plusieurs impacts environnementaux.

- La gestion des eaux pluviales est irrationnelle par l'absence d'un aménagement adéquat se caractérisent par l'inexistence d'un réseau de canalisation des eaux pluviales pour l'évacuation des eaux usées et pluviales. Notons également la non prise en compte des paramètres topographiques qui devraient orienter la direction de l'évacuation de toutes les pluviales et usées.

3.3 CAUSES DE DÉSORDRES FONCIÈRES

Le graphique 3 représentent les résultats d'enquête sur les causes d'occupations parcellaires désordonnées à Kisenso.

**Graphique 3. Occupations foncières désordonnées**

Dans une des questions de l'enquête menée auprès des résidents, les causes des constructions anarchiques, sont attribués à l'absence d'une politique habitat et d'un service officiel compétent et efficace chargé des questions foncières. La figure 3 rend compte de cette réalité.

3.4 ADMINISTRATION FONCIÈRE DES ESPACES URBAINS

La figure 4 indique les résultats de l'enquête sur la nature de la personne morale ayant administrée la vente de l'espace foncier de la Commune de Kisenso.

Nos recherches sur les terrains et enquête auprès des résidents de la Commune mettent en évidence plusieurs causes à la base de la mauvaise gestion administrative des terres de cette entité administrative.

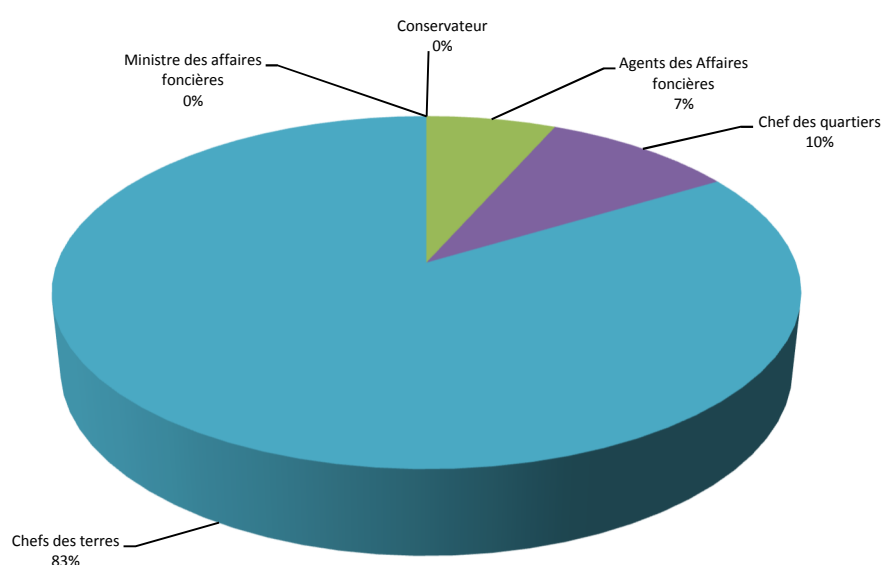


Figure 4. Autorité d'administration de vente des espaces parcellaire libre

Les résultats du tableau 4 indiquent que l'administration de Service des Affaires foncières de Kisenso est inefficace et l'une des sources de ces désordres. 83,60 % des parcelles ont été acquies auprès des gardiens de terres n'ayant ni compétence technique ni pouvoir de distribuer l'espace urbain, dans la plupart des cas les auteurs de cette distribution libre n'ont aucune notion des normes d'urbanisme et ne sont pas outillés pour mener des opérations de topographie. La partie distribuée par l'administration compétente ne représente que 16,4 % des terres occupées. Nos observations et enquêtes auprès des habitants des quartiers étudiés, la carence des équipements sociaux collectifs sont dus à des occupations foncières parcelles libres. En effet, plusieurs autorités interviennent dans la distribution de parcelles résidentielles. Cette gestion multipolaire de terres communales fragilise l'équilibre déjà très précaire du fait d'une topographie caractérisée par la prévalence des terres marginales.

3.5 PAUVRETÉ ET CONTRAINTES SOCIOÉCONOMIQUE

La figure 5 présente les résultats sur le revenu d'habitants de la Commune de Kisenso. En effet, la mise en valeur des terres marginales, il est requis des investissements importants justifiés par la nature des travaux d'aménagement à entreprendre.

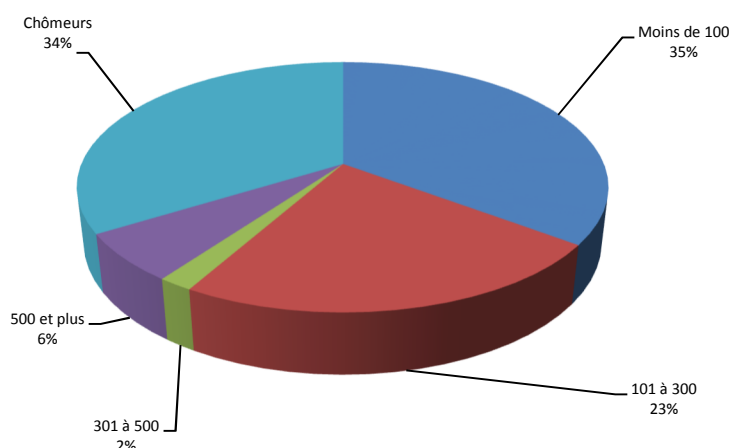


Figure 5. Répartition des résidents en fonction de leurs revenus

Selon les résultats de figure 5, au moins 69 % des parcelles enquêtées vivent avec un revenu de moins de 100 \$ US mensuellement. Ceci, contre 31 % de ménages qui vivent avec plus de 100 \$ US par mois. De cette figure 5 on conclut que ce sont les chômeurs, donc les pauvres qui habitent dans la Commune ayant en grande majorité des terres marginales normalement destinées à la protection. Ces sont des terres marginales à haut risque pour les moins nantis économiquement.

3.6 CONSEQUENCES ENVIRONNEMENTALES DE L'OCCUPATION PARCELLAIRE LIBRE

Au regard à l'accès à l'occupation parcellaire libre par les résidents, nous avons interrogé les occupants à propos des équipements sociaux collectifs disponibles dans leur Commune. Le tableau suivant reprend les résultats de cette enquête sur les équipements sociaux collectifs de base.

▪ Carence des équipements sociaux collectifs

Tableau 6. Equipements sociaux collectifs de base

Commune	Type d'infrastructure sociale existante	Effectif	OUI		NON		Total
			Eff.	%	Eff.	%	
Kisenso	Terrains de football, basketball, tennis, handball	500	176	35.20	324	64.80	500
	Marché	500	0	00	500	100	500
	Hôpital	500	310	62.00	190	38.00	500
	Espace vert et ouvert pour le public	500	0	00	500	100	500

Les données du tableau 6 font voir la sur-occupation foncière des espaces.

Ainsi, d'après les résultats obtenus dans le présent tableau, il se dégage que 100 % des quartiers de parcelles enquêtées n'ont ni "un espace économique ou marché légal" ni un "espace vert et divers". 64,80 % des espaces des quartiers enquêtés ne disposent pas de structures récréatives classiques: terrains de football, basketball, tennis, handball. Cependant, 62,00 % de parcelles enquêtées reconnaissent disposer dans leurs quartiers d'une structure sanitaire pour les soins primaires essentiels.

Pour se rendre compte des difficultés d'accès au service public, le tableau 7 mentionne les différentes distances qui séparent les habitations aux arrêts de bus.

Tableau 7. Distance de marche séparant la résidence au plus proche arrêt de bus

Commune	Distance qui sépare le foyer à l'arrêt de transport dans le quartier en (m)	Effectif	Pourcentage
Kisenso	600 à 800	29	05.80
	800 à 1000	126	25.20
	1000 à 1200	141	28.20
	1200 à 1500	18	03.60
	1500 et plus	186	37.20
Total		500	100

Les résultats du tableau 7 attestent que 69 % de parcelles enquêtées parcourent une distance de plus de 1000 m de leur résidence pour atteindre l'arrêt de bus le plus proche, tandis que 31 % de parcelles ne parcourent qu'une distance de moins de 1000 m. La Commune est, dans sa très grande partie inaccessible.

4 DISCUSSION

La Commune de Kisenso est située dans la partie collinaire de Kinshasa sud. Sur le plan morphologique, elle présente un faciès en amphithéâtre conique caractérisé par des fortes côtes altimétriques (285-425 m d'altitude, soit une dénivellation altimétrique de 140 m), une variabilité de courbes de niveau concentriques ainsi que plusieurs plages de niveaux de pentes [6]. Son sol friable est sablo-sablonneux de couleurs variable : jaunâtre et rougeâtre. Ce type de sol bâti sur un terrain en forte déclivité acquiert plusieurs autres propriétés physiques autour de lui. Ainsi, au plan de la cohésion et de la dynamique des particules pédologiques, Kisenso a un sol à la fois éluvionnaire, colluvionnaire, illuvionnaire et alluvionnaire.

Sur le plan de l'aménagement et des normes urbanistiques, ces grands traits géomorphologiques et pédologiques font de Kisenso une zone peu propice à l'urbanisation. Pour cela, Kisenso n'a figuré ni dans le Plan d'Aménagement urbain de la ville de Kinshasa de 1950 ni au Projet aménagement et de développement urbain de 1980 [7]. Les occupations foncières parcellaires libres de Kisenso n'ont nullement tenu compte de la topographie accidentée du milieu. La défiance de contraintes physiques topographiques, de la déclivité du milieu et des normes éristiques relatives aux occupations foncières des sites accidentés a des impacts environnementaux négatifs : enclavement du site, absence généralisée d'équipements et infrastructures de base, qualité médiocre de cadre de vie par la petitesse de parcelles mal implantées et peu ou pas végétalisées, etc. En plus, le non-respect des exigences topographiques dans les occupations foncières, la déclivité, la structure et la texture du sol, la violence des intensités pluviométriques augmentent le ruissellement des eaux pluviales superficielles et provoquent en amont des bassins versants de rigoles et des nappes érosives. En aval, ce processus engendre plusieurs autres phénomènes : érosions régressives, dépôt et accumulation des matières solides érodées. Au moins 60 % de parcelles enquêtées sont directement affectées par les érosions. Parmi elles, 55 % connaissent des érosions non ravinantes. Les autres conséquences en aval des érosions ravinantes à Kisenso, comprennent : les inondations (25 % des parcelles enquêtées) et les ensablements (15 % de parcelles enquêtées).

Par rapport aux érosions dans la ville de Kinshasa, les résultats de [8], indiquent que 51,44 % des ménages de Kinshasa sont vulnérables à la dégradation des sols par les érosions. Les Communes collinaires du sud (Kisenso, Lemba, Mont-Ngafula, Makala, Selembao, Ngaba) et de l'est N'sele, Maluku sont aux prises avec l'érosion. Cependant, par rapport aux inondations, les résultats de l'auteur précité font ressortir que 51,01% des ménages de Kinshasa sont confrontés aux inondations. L'écart entre les deux résultats sur les inondations a mené l'auteur à des investigations sur toute la ville de Kinshasa bâtie majoritairement sur une plaine.

Pour les personnes interrogées, les érosions et leurs conséquences environnementales persistent à Kisenso pour diverses raisons : manque d'aménagement durable de Kisenso système de drainage et d'assainissement déficitaire du milieu [9][10] [11], orientations perpendiculaires des constructions des routes et de l'habitat par rapport aux courbes de niveaux, absence des puisards et d'une politique de l'habitat, l'anarchie dans la distribution de parcelles, l'administration dualiste de gestion foncière (autorité politico-administrative et autorité coutumière) [12]...

Les dégradations environnementales de la Commune de Kisenso s'aggravent avec l'accroissance démographique continue de la ville de Kinshasa. La carence de logement décent et la quête de cadre de vie et un habitat propice ont défavorisé plusieurs ménages. Ainsi, l'afflux de la population sur le site a occasionné l'envahissement des zones marginales, en dépit des exigences des normes urbanistiques de la Classe 1. Car, dans le cadre de conservation des sites écologiques à risque, toutes les

zones marginales doivent faire l'objet d'une protection environnementale spéciale en vue de les rendre durables aux aléas de risques environnementaux [13] [14].

Sur le plan de gestion foncière des terres urbaines à Kisenso, les catastrophes naturelles surviennent à cause de défaillances de la gouvernance urbaine. Il est du ressort de la des acteurs sociaux et politiques de connaître et comprendre l'essence de me gestion afin d'anticiper les conséquences environnementales prévisibles et évitables.

Pour cela, nous suggérons :

- réhabiliter par des actions rationnelles et collectives en construisant des collecteurs de grandes capacités et en assurer l'entretien ;
- aménager l'espace par la construction des équipements collectifs susceptibles d'assurer les besoins de base de la population ;
- organiser la sensibilisation et l'éducation relative à l'environnement et à la vie urbaine.

5 CONCLUSION

La présente étude a porté sur les problèmes fonciers et leurs conséquences environnementales dans la Commune de Kisenso. Elle s'est proposée d'identifier et analyser les problèmes et impacts environnementaux générés par les occupations foncières parcellaires libres de Kisenso afin de proposer des suggestions pour la durabilité environnementale urbaine. Pour arriver aux résultats escomptés, elle a recouru à l'observation et à l'enquête sociodémographique, appuyées par les entretiens et la documentation. Les résultats relèvent des menaces et dangers d'érosions, inondation et ensablements.

Les contraintes topographiques du milieu naturel du site jouent en amont et en aval sur les impacts environnementaux négatifs. Il s'avère qu'un projet d'aménagement visant la maîtrise des normes urbanistiques et techniques du milieu demeure des pistes de solutions afin de réhabiliter et restaurer les équilibres écologiques rompus et redonner cette entité administrative un nouveau souffle urbain qui garantit sa durabilité celle-ci repose sur la révision de l'aménagement de son territoire, l'apport des équipements et infrastructures ainsi que la réduction de la dualité du cadre légal ou réglementaire foncier en RDC.

REFERENCES

- [1] Fumunzanza Muketa, (2008), Kinshasa, d'un quartier à un autre, éd. le Harmattan, Paris. p335
- [2] Lenkebe Mbane, (inédit), la lutte antiérosive par la méthode préventive en RDC p145
- [3] Ndem Kyling, (2010), Impact des constructions anarchiques sur la gestion de l'environnement dans la commune de Mont-Ngafula à Kinshasa : cas du quartier Kimbondo, p155.
- [4] Rapport de Mettelsalt (inédit), (2015).
- [5] Lubini Ayingweu, (inédit), étude pour lutter antiérosive et aménagement de voies de désenclavement à Kisenso ville de Kinshasa. Pp 1-11.
- [6] Ndem Kyling et Lubini Ayingweu, (2016), utilisation de terres marginales et impacts environnementaux dans la commune urbaine de Kisenso à Kinshasa/RDC
- [7] BEAU, (inédit), Schéma d'Orientation Stratégique de l'Agglomération de Kinshasa (SOSAK) et Plan Particulier d'Aménagement (PPA) de la partie nord de la ville.
- [8] Mukuamo Gozaleze, (2016), thèse de Doctorat, vulnérabilités environnementales et stratégies de survie urbaine en situation post-conflit en République Démocratique du Congo pp 163-167.
- [9] Lelo Nzuzi, (2004), la pauvreté à Kisenso, éd. le Harmattan, Paris. p225.
- [10] Lelo Nzuzi, (2011), Kinshasa, planification et aménagement, éd. le Harmattan, Paris., p375
- [11] Marc Pain, (1975), Kinshasa, ville et cite, éd. le Harmattan, Paris
- [12] Assongmo, (2006), stratégies d'occupation du sol et d'aménagement des zones non aedificandi de la ville de Yaoundé pp260-268
- [13] Ndong mba, (2006), Foncier géographiques des quartiers et perspective de développement de la ville de Libreville p 276-287.
- [14] Ram sar, (1971), zones humides en France, convention de Ram sar.

LA SELECTIVITE DES MINERAIS ET SON IMPACT DANS LAPRODUCTION DES CONCENTRES DE CUIVRE PAR DMS : CAS DE LA MINE A CIEL OUVERT DE SHABA

Jean Paul KAYEYE MAHAMBA¹ and Flory KISEYA TSHIKALA²

¹Ingénieur Civil des Mines, Assistant à l'ISTA Kolwezi, RD Congo

²Docteur en Sciences appliquées, Directeur General ISTA Kolwezi, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The Shaba Open-pit mine, a Concession of ANVIL MINING CONGO at KAPULO is processing the copper ore by Heavy Medium Density (HMS) plant which is producing 70 tones of copper concentrate at 21 to 56% of Copper. To attend the daily feed target of 1800 tones, regarding the mineral composition of ore body, the oxidation of materials, the copper grade and bismuth contain, the good selectivity have to be applied by separating the stockpiles and feeding by campaigns of kind of material oxidation applying blending.

KEYWORDS: selectivity, Ore body, Plant, heavy medium density, Copper, Stockpile, feed, oxidation, blending.

RESUME: La Mine à Ciel Ouvert de SHABA, un gisement de ANVIL MINING CONGO à KAPULO exploite les minerais de cuivre qui sont traités par une usine à concentration en Milieu dense afin de produire 70 tonnes de concentrés de cuivre à une teneur allant de 21 à 56% pour une alimentation journalière de 1800 tonnes de bruts à 4.42% ; la composition minéralogique, l'oxydation et la teneur en cuivre et en Bismuth sont les paramètres déterminants dans la sélectivité, d'où la constitution des stocks séparés et l'alimentation par campagnes d'alimentations selon la nature et l'oxydation de la roche et suivant une certaine synchronisation, sont la clé qui permettront de satisfaire la demande de l'usine DMS.

MOTS-CLEFS: sélectivité, Corps minéralisé, usine, séparation par milieu dense, Cuivre, remblai minéral, alimentation, oxydation, synchronisation.

1 INTRODUCTION

La République Démocratique du Congo regorge beaucoup des gisements cuprifères et Cobaltifères parmi lesquels les uns sont en cours de l'exploitation et d'autres en réserve et d'autres encore en prospection.

L'objectif de l'exploitation d'un gisement vise une extraction totale et rentable des minerais qu'il contient ; Etant donnée la diversité des caractéristiques des gisements, plusieurs méthodes sont envisagées pour atteindre l'objectif poursuivi ; Ainsi après extraction, une opération de concentration se fait avant le traitement métallurgique. Parmi les modules de concentration, on retrouve la concentration en milieu dense qui est appliquée par plusieurs mines du Katanga en vue de revendre les concentrés produits et réaliser rapidement les bénéfices ; Le cas traité dans cet article concerne la mine à Ciel Ouvert de SHABA de Anvil Mining Congo, située à Kapulo, un village localisé approximativement à 15 kilomètres de la bordure Zambienne et à 50 kilomètres de Pweto dans le coin Sud- Est de la République Démocratique du Congo, dans la province du Haut Katanga, entre le Lac Moero et le Lac Tanganyika.

Au regard des exigences qu'impose ce type de traitement et en vue de soigner l'alimentation du concentrateur en terme de qualité de minéral et teneur afin de garantir un meilleur rendement de récupération, la sélectivité des minerais tant dans

la mine qu'au niveau de l'alimentation du concentrateur joue un rôle primordial. Ainsi, il est recommandé de faire le mélange des différents matériaux afin d'obtenir le tonnage voulu à une teneur moyenne qui soit supérieure à la teneur de Coupure.

2 PRESENTATION DU MODULE DMS

2.1 GÉNÉRALITÉS

Le module 'Dense Medium Separator (DMS) est une unité minéralurgique appliquant la technique de concentration en milieu dense, technique qui consiste à un enrichissement des minerais à partir d'une liqueur ayant une densité comprise entre celle des particules à séparer.

Ce module est subdivisé en trois grandes sections qui sont :

- La section concassage ;
- La section flottation ;
- La section DMS proprement dite.

2.2 LA SECTION CONCASSAGE

Le concassage est une opération qui a pour but de briser les minerais tout-venants en vue de réduire leur granulométrie pour faciliter la séparation du minéral utile de la gangue.

2.2.1 DESCRIPTION DU FLOW-SHEET DU CONCASSAGE DE KAPULO

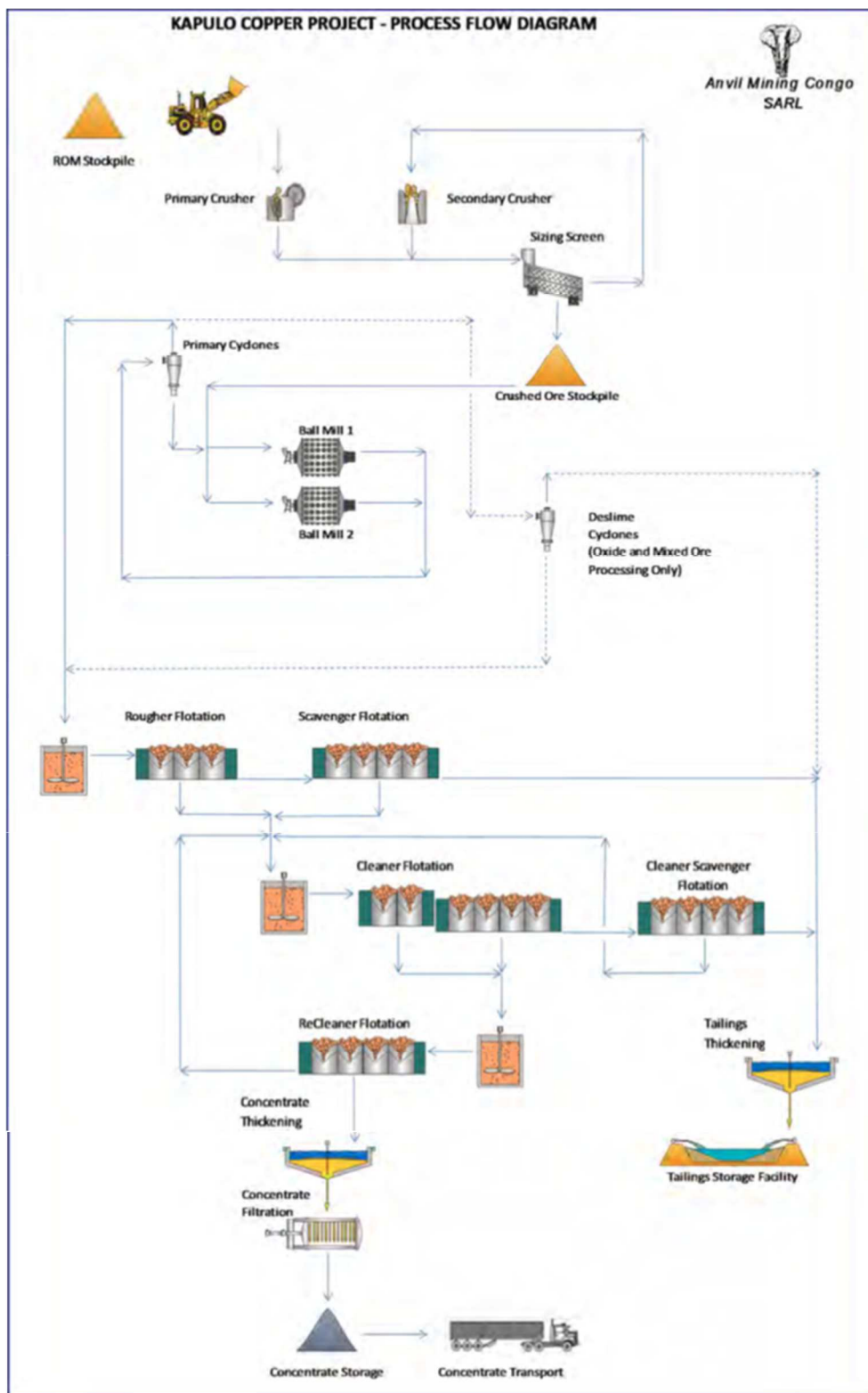
Le flow-sheet peut se simplifier en quatre étapes qui sont :

- a) Déversement des produits dans l'alimentateur avec des chargeuses ;
- b) Passage des produits à l'intérieur de la trémie via un cribleur scalper, qui a pour utilité de se comporter comme un tamis ;
- c) Les mouvements à l'alimentateur sont entraînés par deux moteurs de 22 kW – 380V, dont l'un a pour rôle de propulser les produits et l'autre de les soulever sur le crible scalper ;
- d) Passage sur les bandes transporteuses acheminant les produits vers les cribles vibrant et recyclant tous les produits grossiers vers le concasseur secondaire jusqu'à l'obtention des produits inférieurs à 22 mm d'épaisseur déversés en tas au sol ;

2.3 LA SECTION FLOTTATION ET LE DMS

- Elle débute par une réception des minerais déjà concassés. Le concassage et le criblage se font de manière à sortir un produit dont la granulométrie est inférieure à 22 mm et adapté pour le broyage à boulets.
- Les Minerais sont ensuite alimentés dans le broyage qui fonctionne en circuit fermé avec les hydrocyclones pour produire du minerai à granulométrie très réduite et uniforme favorisant la libération des minéraux appropriés
- Puis vient le De-Sliming, Un circuit qui mélange la chaux au minerai afin de réduire le potentiel acide ; c'est un procédé métallurgique qui a fait ses preuves de performance pour les minerais de faible oxydation, Mixtes et surtout les sulfurés.
- Ensuite vient la flottation qui permet de séparer le minéral utile de la gangue
- Préparation et distribution des réactifs : c'est une étape très importante et nécessaire pour s'assurer que les réactifs sont sous forme appropriée et permettent un dosage précis et un bon mélange au cours du processus. Ici on fait la Flottation avec Contrôle de sulfuration Partielle, CPS en sigle qui signifie « Controlled potential Sulphidation », technique appropriée pour les minerais oxydés et mixtes, faisant usage du NaHS comme sulfurant et le PAX (Potassium Amyle Xanthate) comme collecteur
- Enfin vient le séchage du concentré et le recyclage de l'eau qui est pompée avec les rejets vers le bassin de stockage appelé « Tailing Storage Facility, TSF en sigle »

Figure 1.Schéma de principe de l'usine de KAPULO



2.4 PARAMÈTRES INFLUENÇANT LA SÉPARATION

a. La densité de la liqueur

La densité de la liqueur est un facteur très important car c'est dans cette dernière où se passe la séparation. Elle doit varier entre 2,60 et 2,65 pour les minerais tendres, et entre 2,70 à 2,80 pour les minerais durs.

b. Le niveau de la pulpe dans les tanks

Pour assurer un bon cyclonage il est nécessaire de faire une alimentation continue et constante, et pour que les pompes aspirent et refoulent convenablement, la quantité de minerais dans les tanks (cuves) doit être suffisante

c. La pression dans les cyclones

La meilleure pression dans les cyclones favorise la coupure entre le minéral utile et la gangue.

d. L'alimentation

Les trois paramètres cités ci-haut sont fonction de l'alimentation, car un bon réglage de la densité, la pression et la conservation du niveau dans les cuves sont relatifs à l'alimentation qui doit être continue, avec un débit constant. Une alimentation discontinue crée des fluctuations dans les tanks, entraînant aussi celle des pressions, ce qui a pour conséquence une coupure dans les cyclones.

Nous allons au cours du développement de cet article nous atteler sur l'alimentation étant donné que la teneur et le tonnage d'entrée influe de manière remarquable sur le résultat obtenu

L'usine avait été conçue pour fonctionner selon les campagnes des oxydés et des sulfurés avec une production de 500 milles tonnes par an pour les oxydés, avec une alimentation de 90 tonnes par heure et une teneur de 5.5%, alors que pour les sulfurés, la production devrait être de 600 milles tonnes de concentrés par an pour le même tonnage d'alimentation mais à une teneur de 4.4%

La teneur du concentré produit varie de 26 à 51% de Cuivre.

3 LA SELECTIVITE DES MINERAIS DANS LA MINE A CIEL OUVERT DE SHABA

3.1 DÉFINITION

La sélectivité des minerais est un ensemble des opérations qui consistent à trier les minerais. C'est – à – dire :

- Séparer les minerais des stériles ;
- Séparer une catégorie des minerais à une autre par rapport soit à la nature, soit à la teneur.

3.2 IMPORTANCE

Dans une mine à ciel ouvert l'opération de la sélectivité des minerais a plusieurs nécessités entre autres :

- Alimenter l'usine de concentration minéralurgique en minerai ayant déjà requis une teneur optimale en éléments utiles recherchés ;
- Apporter les minerais dont la gangue ne peut perturber le flow - sheet du concentrateur, ce qui justifie même l'existence de plusieurs compagnes ;
- Alimenter le concentrateur en minerais utiles prévus par le schéma de traitement.

3.3 OBJECTIF

La sélectivité des minerais a pour mission de déterminer la qualité, la quantité et la destination des minerais.

a. La qualité

La détermination de la qualité se fait sur base de l'observation directe de la teneur en cuivre du gisement ainsi que d'autres éléments accompagnateurs qui peuvent influencer le traitement des minerais.

b. La quantité

La quantité est déterminée par estimation des réserves en utilisant différentes méthodes dont : la méthode de l'*inverse des distances*, la méthode de *sections parallèles*, la méthode de *Krigeage* et les logiciels comme *Surpac*, *Minesched*, *Datamines*, etc...

c. La destination

Pour connaître la destination des minerais dans une mine il suffit de faire tout d'abord une catégorisation des minerais, connaître la nature de la gangue, la minéralisation de la roche, le degré d'oxydation, l'état de la roche et tant d'autres paramètres et constituer différents stock piles correspondants.

3.4 CATÉGORISATION DES MINERAIS

De manière générale, la catégorisation des minerais se fait suivant le processus menant à l'obtention du métal utile recherché et l'observation de quelques paramètres comme :

- La minéralisation de la roche: Les minerais de cuivre ne peuvent être mélangés à ceux de cobalt afin de respecter la campagne en cours et de ne pas endommager l'usine de concentration.
- La forme de la minéralisation : C'est un paramètre très important car c'est sur ce dernier qu'on sait connaître si la roche se débite facilement ou pas. une minéralisation peut se présenter sous diverses formes :
 - D'une dissémination ;
 - Des plaquettes (dans les joints de stratification, les fissures ou diaclases).
- La nature de la gangue : une gangue peut être siliceuse ou dolomitique.
- L'état de la roche : La roche peut être altérée, moyennement altérée, très altérée ou saine.
-

3.5 CATEGORISATION DES MINERAIS DE LA MINE A CIEL OUVERT DE SHABA

Afin de permettre une bonne alimentation en termes de nature et qualité du minerai, les minerais de la MCO de Shaba sont classifiés en 3 catégories :

➤ Selon le degré d'oxydation ou la teneur en Oxyde

Dans cette catégorie, les minerais sont classés comme suit :

Type	Teneur Oxyde	Description
COX	≥ 80 %	Complètement Oxydé
POX	20-80%	Partiellement Oxydé
NOX	≤ 20%	Non Oxydé

➤ Selon la teneur en Cuivre

Ici, on part de catégorie des faibles teneurs (Low Grade) jusqu'à celle de haute teneur (high grade) selon le tableau ci-après :

	COX	POX	NOX
LG	1.3 à 2.3%	0.9 à 1.8%	0.76 à 1.8%
HG1	2.3 à 5%	1.8 à 4%	1.8 à 3%
HG2	> 5%	> 4%	> 3%

➤ Selon la teneur en Bismuth

Le bismuth étant un élément pénalisant, sa teneur dans le concentré est contrôlée et maintenue en dessous de 1500 ppm ; et pour cela, sa teneur à l'alimentation est aussi contrôlée ; mais on note que plus le minerai est riche en cuivre, plus il a une grande concentration en bismuth et il se retrouve seulement dans les non Oxydés (NOX) ; C'est ainsi qu'on a :

Les NOX LG bi et NOX HG Bi : ici la teneur en Bi doit être supérieure à 250 ppm ; tandis que le Grade fait allusion à la teneur en cuivre.

4 ANALYSE DES ALIMENTATIONS DES MINERAIS

4.1 PLANIFICATION ET PRODUCTION

La production de la mine est répartie en catégories selon le type et la teneur, et stockée au rom Pad selon différents stocks tel que différenciés d'après le bloc model depuis la mine. Ainsi on retrouve les stocks suivants :

- Shaba POX-COX : ce sont les minerais partiellement oxydés et complètement oxydés
- Shaba NOX LG : minerais sulfurés de faible teneur allant de 0.76 à 1.8 % cu
- Shaba NOX LG Bi : minerais sulfurés de faible teneur allant de 0.76 à 1.8 % cu mais contenant une concentration en Bismuth supérieure à 250 ppm
- Shaba NOX HG1 : minerais sulfurés dont la teneur est supérieure à 1.8 % cu et inférieure à 3 %
- Shaba NOX HG1 : minerais sulfurés dont la teneur est supérieure à 3 % cu
- Shaba NOX HG Bi : minerais sulfurés dont la teneur est supérieure à 1.8 % cu et dont la concentration en Bismuth supérieure à 250 ppm

Le tableau ci-après reproduit la planification de la production de la mine et les alimentations du concentrateur à 1800 tonnes par jour à une teneur de 4.42% pour une production journalière de 70 tonnes de concentrés de 35 % de cuivre à un rendement de récupération de 88%.

Tableau n° 1. Planification de la production de la MCO de Shaba à Kapulo, Octobre 2015

Monthly Mine Planning oct - 2015		jeu, 01-oct	dim, 04-oct	lun, 05-oct	jeu, 08-oct	lun, 12-oct	sam, 17-oct	lun, 19-oct	mar, 20-oct	mar, 27-oct	TOTAL
		jeu	dim	lun	jeu	lun	sam	lun	mar	mar	
Ore Mining Summary											
Type	Unit										
SHA_POX_COX	Tonnes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Cu grade	%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,00%
SHA_NOX_LG	Tonnes	-	4 691	-	3 000	5 200	3 005	-	7 948	2 845	26 689
Cu grade	%	0,00%	1,06%	0,00%	1,08%	1,10%	1,11%	0,00%	1,05%	1,59%	1,01%
SHA_NOX_LG_B	Tonnes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Cu grade	%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SHA_NOX_HG	Tonnes	-	-	4 932	-	4 929	-	6 250	-	-	16 111
Cu grade	%	0,00%	0,00%	6,57%	0,00%	6,57%	0,00%	6,6%	0,00%	0,00%	4,02%
SHA_NOX_HG_B	Tonnes	-	-	2 920	-	-	-	-	1 183	-	4 103
Cu grade	%	0,00%	0,00%	7,25%	1,08%	0,00%	0,00%	0,00%	6,95%	0,00%	7,16%
TOTAL Ore Mining											
SHA_Ore	Tonnes	-	4 691	7 852	3 000	10 129	3 005	6 250	9 131	2 845	46 903
Grade	%	0,00%	1,06%	6,85%	1,80%	0,00%	1,10%	6,60%	1,83%	1,59%	2,77%
Processing Plant											
Mill Blend	Open Stock										
Shaba POX_COX		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Shaba NOX_LG		550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	550,00	17 600
Shaba NOX_HG		500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	500,00	16 000
Shaba NOX_HG_B		750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	750,00	24 000
Mill Feed											
Mill Feed Ton	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	57 600
Mill Feed Grade	4,00%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%	4,42%
Metal Content	72,00	79,5	79,5	79,5	79,5	79,5	79,5	79,5	79,5	79,5	2 544
Recovery	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%	88%
Cu Recovered	63,4	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	2 239

4.2 LE BLENDING

Il faut noter qu'entre la planification et la réalisation de la production il y a toujours des écarts dus aux paramètres opérationnels ; ainsi il arrive très souvent que les stocks prévus sont soit au-dessus ou en dessous des chiffres projetés ; d' où une actualisation journalière du mélange à alimenter qu'on appelle Blending

4.2.1 EQUATION DU BLENDING

De manière générale, le mélange se fait selon l'équation ci-après qui est fonction du tonnage et de la teneur des stocks entrant dans la composition

On a donc :

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \text{ Et } t = \frac{\sum_{i=1}^n T_i t_i}{T}$$

Avec : T_i = tonnage stock i
 t_i = teneur Stock i
 T = tonnage total,
 t = teneur totale

Tableau 2 Données du Blending d'Octobre 2015

DATE	STOCK										BLEND (Melange)					Total Alim	Cu%
	POX HG		NOX LG		NOX HG1		NOX HG2		NOX HG Bi		LG	HG1	HG2	HG Bi	Pox Hg		
	Tonnes	Cu%	Tonnes	Cu%	Tonnes	Cu%	Tonnes	Cu%	Tonnes	Cu%	t	t	t	t	t	t	
1	13676	4,48	14809	1,12	17152	2,13	5334	3,09	9834	8,26		900	300	600		1800	4,33
2	13676	4,48	14809	1,12	16252	2,13	5027	3,09	9218	8,26	400	800	200	400		1800	3,37
3	13676	4,48	13043	1,12	14953	2,09	1688	3,47	4311	7,86	400	800	200	400		1800	3,37
4	13676	4,48	12642	1,12	6446	2,13	2737	3,09	4763	8,26	400	800	200	400		1800	3,37
5	13676	4,48	13313	1,12	5789	2,13	2565	3,09	4435	8,26	400	800	200	400		1800	3,37
6	13676	4,48	11894	1,12	4951	2,13	2354	3,09	4016	8,26	400	800	200	400		1800	3,37
7	13676	4,48	11797	1,12	4757	2,13	2305	3,09	3919	8,26	600	300	300	600		1800	4
8	13676	4,48	11797	1,12	4757	2,13	2305	3,09	4593	8,31	600	300	300	600		1800	4,01
9	13676	4,48	11602	1,12	4362	2,13	2312	2,75	3858	8,31	600	300	300	600		1800	3,96
10	13676	4,48	10528	1,12	4082	2,13	2032	2,88	3324	8,31	600	300	300	600		1800	3,98
11	13676	4,48	10813	1,12	3719	2,13	2793	3,52	3235	7,66	600	300	300	600		1800	3,87
12	13676	4,48	9907	1,12	3266	2,13	2340	3,52	2328	7,66	600	300	300	600		1800	3,87
13	13676	4,48	9558	1,12	3087	2,13	2161	3,52	1989	7,65	600	300	300	600		1800	3,87
14	13676	4,48	8911	1,12	2763	2,13	1837	3,52	1343	7,65	600	300	300	600		1800	3,87
15	13676	4,48	8181	1,12	2398	2,13	2747	3,29	838	7,43	600	300	300	600		1800	3,75
16	13676	4,48	7708	1,12	2162	2,13	3223	3,31	1002	7,04	600	300	300	600		1800	3,63
17	13676	4,48	7359	1,12	1987	2,13	3048	3,31	652	7,02	600	300	300	600		1800	3,62
18	13676	4,48	7359	1,12	1747	2,13						600			1200	1800	3,7
19	12298	4,48			986	2,13						600			1200	1800	3,7
20	11068	4,48			314	2,13						314			1486	1800	4,07
21	9685	4,48			17181	2,01						600			1200	1800	3,66
22	8371	4,48			16449	2,01						600			1200	1800	3,66
23	7823	4,48			16138	2,01						600			1200	1800	3,66
24	7313	4,48	6810	1,12			3021	3,43			450		450		900	1800	3,38
25	7182	4,48	6688	1,12			2799	3,43			450		450		900	1800	3,38
26	7197	4,48	6705	1,12			3807	3,83			450		450		900	1800	3,48
27	6229	4,48	6176	1,12			6119	4,43			360		720		720	1800	3,79
28					15420	2,01	6800	4,4	2219	7,39		900	450	450		1800	3,95
29					14261	2,01	6219	4,4	1638	7,39		900	450	450		1800	3,95
30					13387	2,01	5782	4,4	1201	7,39		900	450	450		1800	3,95
31					12288	2,01	5982	4,35	1214	7,81		900	450	450		1800	4,05

On constate que le stock de HG bi influe beaucoup sur la teneur du produit, et que le HG1 ou le LG permettent de diluer le mélange alors que le POX est alimenté seulement en absence de HG Bi à cause de sa teneur élevée.

4.3 ANALYSE DE LA REALISATION A L'USINE

Ci-dessous le tableau 3 des résultats obtenus à l'usine sur base des alimentations réelles.

Tableau 3. Résultats obtenus à l'usine sur base des alimentations réelles

Date	Processing							
	Dry ton Crushed (t)	Dry tonnes milled (t)	Cyclone Feed Grade	Cyclone Cu (t)	Cu Head Grade (%)	Cu Head (t)	Cu Recovery (%)	Cu Produced (t)
Date	PROC_DT	PROC_DT	PROC_CF	PROC_CYC_U_T	PROC_CU	PROC_CU_HG_T	PROC_CU_REC	PROC_CU
01-Oct-15	2,095	1,673.8	4.97%	83	4.17%	70	87.36%	61
02-Oct-15	1,434	0.9	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0
03-Oct-15	1,978	1,700.8	3.57%	61	3.69%	63	82.95%	52
04-Oct-15	1,762	1,689.5	3.63%	61	3.56%	60	87.42%	53
05-Oct-15	1,890	1,432.3	3.59%	51	3.52%	50	83.67%	42
06-Oct-15	0	516.0	3.61%	19	3.63%	19	85.11%	16
07-Oct-15	0	1,701.1	4.12%	70	3.54%	60	87.34%	53
08-Oct-15	2,193	1,717.2	3.82%	66	3.74%	64	88.55%	57
09-Oct-15	1,643	1,637.9	3.90%	64	3.82%	63	90.41%	57
10-Oct-15	2,343	1,357.6	4.07%	55	3.72%	51	90.25%	46
11-Oct-15	2,578	1,770.1	4.26%	75	4.42%	78	90.18%	70
12-Oct-15	1,161	163.2	4.62%	8	4.60%	8	90.17%	7
13-Oct-15	1,719	1,434.4	4.62%	66	4.52%	65	86.97%	56
14-Oct-15	2,240	1,563.9	4.08%	64	4.08%	64	84.68%	54
15-Oct-15	1,597	1,501.6	4.10%	62	4.10%	62	86.57%	53
16-Oct-15	1,058	852.8	4.50%	38	4.50%	38	91.67%	35
17-Oct-15	1,050	1,257.9	4.37%	55	4.44%	56	89.44%	50
18-Oct-15	2,057	960.1	4.17%	40	4.20%	40	79.67%	32
19-Oct-15	2,128	1,542.6	3.75%	58	3.58%	55	76.51%	42
20-Oct-15	2,043	1,564.4	3.88%	61	3.60%	56	72.89%	41
21-Oct-15	2,142	1,780.0	4.78%	85	4.55%	81	74.54%	60
22-Oct-15	798	1,750.8	4.36%	76	4.33%	76	78.62%	60
23-Oct-15	1,061	1,289.8	4.38%	57	4.41%	57	86.64%	49
24-Oct-15	328	1,314.6	4.73%	62	4.53%	60	82.31%	49
25-Oct-15	0	1,745.2	4.25%	74	4.34%	76	81.48%	62
26-Oct-15	1,983	1,783.1	4.55%	81	4.38%	78	79.66%	62
27-Oct-15	1,443	1,497.3	4.23%	63	4.26%	64	84.35%	54
28-Oct-15	2,588	1,259.6	4.40%	55	4.38%	55	90.65%	50
29-Oct-15	1,541	1,687.4	4.29%	72	4.32%	73	92.04%	67
30-Oct-15	2,002	1,794.7	4.22%	76	4.13%	74	90.42%	67
31-Oct-15	2,140	1,871.9	4.37%	82	4.20%	79	92.66%	73

4.4 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les figures ci-après donnent les courbes de variation des teneurs d'alimentation et du rendement de récupération par rapport au Budget.

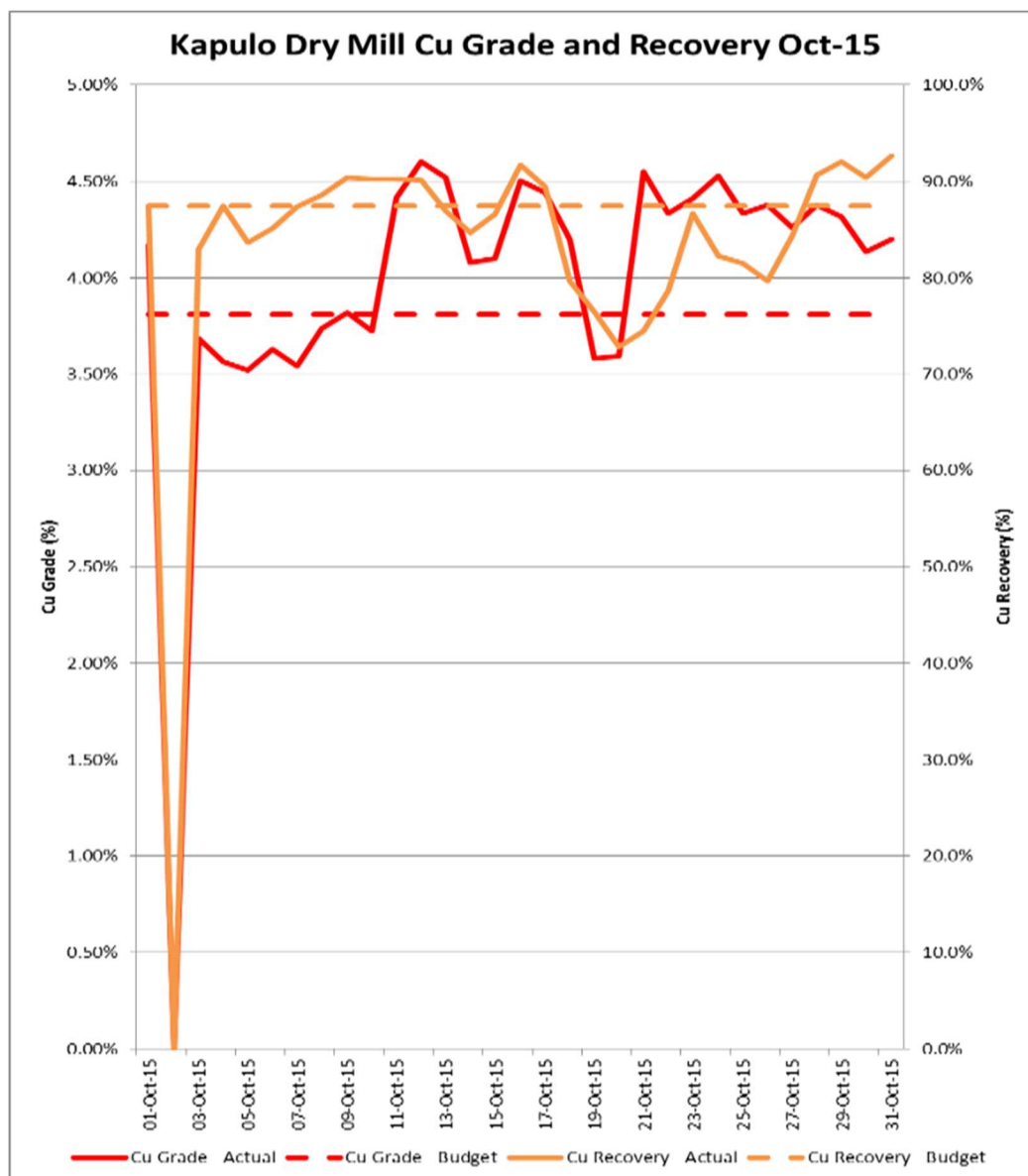


Figure1. Evolution des teneurs Feed et du rendement de Récupération de l'usine

4.5 CRITIQUE DES RÉSULTATS

De l'analyse des résultats ci-après, on note les séquences suivantes :

- Du début jusqu'au 11, le tonnage est maintenu mais la teneur à l'alimentation est inférieure au target, mais le mélange des 3 stockpiles de Nox y compris le HG Bi donne un bon rendement de récupération ; mais la teneur ne doit pas aller en dessous de 3.7%, ceci influencerait le rendement
- Du 11 au 18 où il y a augmentation du tonnage de HG Bi et diminution de HG1 , conduisant à l'amélioration de la teneur d'alimentation et du rendement de récupération, d'où une production rationnelle et proportionnelle au tonnage alimenté.
- Du 18 au 21 : Substitution du POX HG au NOX HG Bi et HG2 maintenant la teneur au-dessus de 4% et le tonnage normal, mais le rendement autour de 80% avec une production moyenne

- Au-delà du 21, retour à la blende avec les 3 Nox et HG Bi ; on constate une amélioration de la teneur et une augmentation du rendement de récupération qui atteint facilement 90% ; ceci peut donc être maintenu comme mélange optimal, mais en gardant la souplesse d'équilibrer le tonnage et la teneur selon l'évolution des stocks

5 CONCLUSION

La sélectivité jouant un rôle important dans la production des concentrés ; on se rend compte qu'au niveau de l'alimentation, le mélange planifié n'a pas été respecté, ce qui a conduit à de variations journalières des teneurs d'alimentation. De l'analyse des réalisations, il ressort que le HG bi et le HG sont les deux stocks qui influencent positivement la composition ; ainsi se référant à la planification, l'équation **Blending= 0.42 HG Bi+0.28 HG+0.3LG** est celle qui donne constamment une teneur de 0.42% à l'alimentation pour 1800 tonnes par jour ; Etant donné que ce mélange donne toujours un rendement de récupération élevé, il y a donc la grande probabilité de rentabiliser la production

En plus de cette équation, nous suggérons une alimentation par campagne de sorte à ne pas mélanger les NOX aux POX ; ces derniers ayant déjà une teneur supérieure ou égale à celle de coupure, pourraient être maîtrisés dans le circuit en jouant sur les réactifs de flottation pour maintenir le rendement haut et maximiser la production.

REFERENCES

- [1] Mawson west Limited: National Instrument 43-101 Technical Report; Feasibility Study Update, Kapulo Copper Project, DRC; Lubumbashi, November 2014
- [2] J. P. KAYEYE: Kapulo October 2015 Mining Plan; Kapulo, 2015
- [3] A. Mariano: Kapulo Budget August to December 2015, second Version, Aout 2015
- [4] Wojciech Zukowski and Laura Klingberg: Geology, alteration and copper mineralization at the Shaba and Safari deposits, Kapulo District, DRC Mawson West Ltd. Lubumbashi, 2014

Mathématiques et systèmes formels dans le sillage du projet gödelien

A.-Roger LULA BABOLE¹⁻²

¹Département de Mathématiques et Informatique, Université de Kinshasa, RD Congo

²Faculté de Philosophie, Université Catholique du Congo, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Analysis shows the formals and mathematical basis on which the incompleteness theorem reposes qua limitation theorem which is a part of fundamental science. The duality of theoretical and metatheoretical levels in fundamental science allows to establish the mathematical been. In this point, the mathematical mind is penetrable if the critical cogitation lean on formals systems.

KEYWORDS: Mathematic, formals systems, incompleteness, mathematical mind, mathematical truth, foundation crisis.

RESUME: L'étude montre les bases mathématiques et formelles sur lesquelles repose le théorème d'incomplétude en tant que théorème de limitation faisant partie de science des fondements. La dualité des niveaux - théoriques et métathéoriques - dans l'entreprise des fondements permet d'établir l'être mathématique. A ce point, la pensée mathématique n'est pénétrable que si la réflexion critique s'appuie sur les systèmes formels.

MOTS-CLEFS: Mathématiques, systèmes formels, incomplétude, pensée mathématique, vérité mathématique, crise des fondements.

1 INTRODUCTION

La « crise des fondements » est ce « moment » critique où les développements de l'arithmétique, de la géométrie et de la théorie des ensembles amènent forcément les mathématiciens à se questionner sur la légitimité théorique des conceptions nouvelles. Et cela de manière rétroactive sur celle des précédentes dites, « classiques ». En effet, "les problèmes et les idées touchant les fondements des mathématiques ont fortement contribué à l'essor de la logique, laquelle a été un outil essentiel de l'investigation des fondements" [1]. En clair, les fondements des mathématiques sont une entreprise logique, mathématique et philosophique tout à la fois¹.

¹ Suivant cette opération, il sied de préciser que « La philosophie, à côté de la logique et des mathématiques, y a donc sa place ; sa tâche consiste en l'analyse critique des concepts et des usages de la pratique. Mais c'est une philosophie instruite, aurait dit BACHELARD, qui ne parle plus au nom d'une philosophie régnante, que ce soit le platonisme, l'idéalisme critique (BRUNSHVING) des vocables qui risquent de demeurer lettre morte s'ils ne sont pas rattachés à un travail interne des mathématiques. Dans ce sens, la démarche constructiviste, étant plus critique que les thèses proprement philosophiques, a joué un rôle plus décisif dans les fondements des mathématiques. Le constructivisme s'est toujours appuyé sur un contenu mathématique. Les refus des totalités infinies chez GAUSS, CAUCHY ou HILBERT vient de la perception du contenu constructif de la théorisation en mathématiques ». voir Y. GAUTHIER, « Fondements des mathématiques », Encyclopédie Philosophique Universelle. Les Notions Philosophiques, T1, Paris : PUF, 1990.

« Dans le cadre d'une théorie de la démonstration, l'entreprise de fondement des mathématiques a joué, à l'égard des mathématiques, le rôle de booster qui, comme le dit J. LADRIERE², doit prendre pour objet les mathématiques proprement dites. Et pour les constituer en objet, la métamathématique doit en faire ressortir une représentation adéquate sous la forme d'un système formel qui englobe logique et mathématique dans une seule grande théorie axiomatisée » [6]. L'étude formelle de la décidabilité a eu pour conséquence un certain nombre des résultats d'indécidabilité concernant la logique et les mathématiques.

Les limitations internes du formalisme hilbertien ne permettent plus de fonder objectivement les mathématiques soit en les réduisant à l'axiomatique des calculs propositionnels et fonctionnels, soit en maîtrisant métathéoriquement leur structure formelle. Il s'ensuit que la logique moderne perdrait, dans ce contexte, une part de son autorité en philosophie, conclut Denis VERNANT.

2 MATHÉMATIQUES ET SYSTÈMES FORMELS

Le recours au formalisme ou à la théorie des fondements permet à la philosophie de pouvoir avoir accès à la réflexion sur la pensée mathématique et logique. Il est vrai que ces domaines du savoir ne se ressemblent pas. C'est dans ce contexte de crise qu'est née la logique mathématique.

A côté de la logique et des mathématiques, la philosophie occupe une place de choix au sein de la théorie des fondements des mathématiques. Elle ne peut se passer du programme de recherche formaliste. En clair, les mathématiques doivent servir d'explication dans l'ensemble du savoir, de la physique aux sciences sociales et humaines. Une telle ambition philosophique accorde une place privilégiée à la question des fondements des mathématiques [2]. Au sein de la théorie des fondements des mathématiques, la tâche de la philosophie « consiste en l'analyse critique des concepts et des usages de la pratique. Mais c'est une philosophie instruite, aurait dit BACHELARD, qui ne parle plus au nom d'une philosophie régnante, que ce soit le platonisme, l'idéalisme critique (BRUNSCHEVICG), le logicisme, le nominalisme ou le formalisme, autant de vocables qui risquent de demeurer lettre morte s'ils ne sont rattachés à un travail d'analyse interne des mathématiques » [2].

Les mathématiques se caractérisent principalement par le fait qu'elles sont une science déductive. A partir d'axiomes ou de postulats (hypothèses de base qui sont proposées comme vraies), cette science se fixe pour but de déduire par des preuves logiques et formelles de nouvelles propositions mathématiques appelées théorèmes. Il s'ensuit que l'ensemble des axiomes et des théorèmes doit donc constituer un ensemble dit consistant. Cela signifie qu'il est un ensemble sans contradiction logique interne. Donc, on ne peut pas prouver un théorème faux ou un théorème en contradiction avec l'un des axiomes proposés ou avec un autre théorème.

La pensée mathématique ne peut se pénétrer que si la philosophie a recours aux systèmes formels. En conséquence, deux tendances philosophiques se sont dessinées pour se prononcer chacune sur la pensée (et/ou vérité) mathématique. Nous avons d'un côté, les platoniciens et, de l'autre côté, les empiristes. Ces philosophies représentent en effet deux grandes situations de pensée et de volonté de type philosophique, qui se conforme avec une dualité aussi vieille que les mathématiques.

Pour les platoniciens, l'être mathématique existe en soi, indépendamment des procédés par lesquels on peut l'atteindre. Il s'agit des indications d'existence. D'après leur perception des choses, le formalisme ou le système formel « n'est que la transposition, sur le plan du symbolisme, d'une réalité mathématique autonome » [2].

Evidemment, ici, la réalité mathématique est préexistante, le système formel s'attèle à la décrire sans parvenir à l'épuisement. L'attitude platonicienne est représentée par les vues de HILBERT et des axiomatistes qui estiment qu'il est possible de construire le formalisme suivant le prolongement d'une mathématique intuitive. Aussi faut-il que la réalité mathématique s'y manifeste afin de pouvoir envisager une description rigoureuse.

Remarque que la philosophie des mathématiques est une réflexion purement philosophique sur la nature des objets ou des idéautés mathématiques. Le problème de la nature de l'être mathématique est en effet au centre de la philosophie des mathématiques. A dire vrai, ce problème central relève de la métaphysique.

² LADRIERE tente d'interpréter l'ensemble de faits de limitation des systèmes formels à travers une analyse de la démarche mathématique mettant d'un côté en évidence l'élément de construction qui en conditionne la réalité et qui se traduit dans le processus de la formalisation et de l'autre côté l'élément de la transgression qui lui est inhérent en la rendant ainsi intrinsèquement historique.

A *contrario*, l'attitude empiriste est représentée par les vues de BROUWER et des logicistes. Cette attitude s'oppose à celle des platoniciens. Elle estime que l'être mathématique est un produit d'une activité et n'a de réalité qu'à l'intérieur de la construction permettant de l'atteindre.

Pour les empiristes donc, le formalisme est « (...) une description provisoire des procédés de construction admis à un moment donné de l'histoire des sciences » [6]. Départageant les uns les autres, LADRIERE pense qu'il y a une dualité subsistante qui reste autonome. A cet effet, il affirme que « de part et d'autre, le système formel reste toujours extensible par ce qu'il n'arrive pas à épuiser la réalité mathématique, qu'il s'agisse du domaine transcendant des entités formelles ou des actes de la pensée mathématique » [6].

Mais il précise d'ailleurs que si le système formel est observé pour lui-même, la dualité en question ne se restreint qu'à celle de deux degrés théoriques. Cela signifie que nous avons le degré intuitif correspondant à un stade non critique des théories mathématiques, et le degré formalisé correspondant à un stade critique [6]. La théorie de la démonstration nous convie à avoir une foi en l'intelligence mathématique qui ne connaît pas de barrières et peut explorer les lois de son propre fonctionnement.

Pour HILBERT, écrit LADRIERE, "la pensée mathématique possède en effet le privilège de ne connaître aucune borne à son pouvoir" [6].

En fin de compte, il est à retenir que toute preuve s'appuie sur les évidences et le raisonnement. Et pourtant l'évidence s'accomplit en plénitude dans l'intuition.

La pensée mathématique s'est vue obligée de s'interroger sur ses intuitions premières, ce qui a ouvert la voie à la crise des fondements.³

La crise des fondements est une instance épistémologique qui examine critiquement les concepts de base et les méthodes de raisonnement s'imposant nécessairement. En clair, nous pensons qu'un tel examen doit conduire à une révision du système d'évidences accepté comme fil conducteur de la recherche et, par-là, des intuitions considérées comme premières. Il va sans dire que cette révision, aux yeux de HILBERT, ne doit d'ailleurs entamer en rien les acquis de la pensée mathématique [6]. On réduit nécessairement les vérités mathématiques abstraites au domaine de l'intuition sensible.

La relation existant entre la mathématique et le système formel est si étroite et si substantielle qu'on peut dégager les rapports entre mathématique et métamathématique ; distinction que HILBERT établit entre ces domaines, laquelle distinction donne toute sa signification à la théorie de l'objet- signe [6].

Pour WITTGENSTEIN, la distinction entre métamathématique et mathématique n'est que fictive. Il précise en outre que c'est une belle distinction conceptuelle.

Il convient de noter que les rapports entre la mathématique et la métamathématique sont des rapports de dualité et de continuité des perspectives. La métamathématique s'intéresse aux problèmes des fondements. Cela signifie qu'elle est chargée de fonder critiquement les théories mathématiques formelles. [6]

On se voit contraint de tout remettre en question et cela jusqu'aux évidences les plus élémentaires. Ce qui amène à créer un nouveau secteur d'études, à savoir les recherches sur les fondements des mathématiques. En effet, ces types de recherche pouvaient essentiellement s'appuyer sur deux techniques : *la méthode axiomatique et la logistique ou la logique formalisée*.

Pour LADRIERE, l'entreprise des fondements des mathématiques se réalise suivant deux points de vue. Cela veut dire qu'elle se déploie à un double niveau : « celui de la mathématique proprement dite et celui de la métamathématique ». La dualité des niveaux dans l'entreprise des fondements renvoie à la différence établie par HILBERT entre mathématique et théorie de la démonstration : « d'un côté, conquête des résultats nouveaux, d'un autre côté, intégration des théories classiques (arithmétique, algèbre, analyse) dans les formalismes appropriés et examen - critique – des propriétés de ces formalismes au moyen de méthodes finitistes ». Mais il est vérifié, au niveau métamathématique que HILBERT appelle l'objet-signé. Il dit aussi que la réduction nécessaire de l'abstrait au concret se trouve accomplie par l'intermédiaire de la théorie des preuves.

³ Le terme « crise » dans l'expression la « crise de fondements » n'est pas à entendre au sens où quelque péripétie dramatique aurait affecté dans une certaine mesure l'histoire des mathématiques et compromis alors la progression de la raison. Il faut donc préciser que pour HILBERT, il y a lieu de s'élever contre les mathématiciens que les difficultés rencontrées induisent à douter de la raison.

LADRIERE souligne qu'au premier niveau, la pensée mathématique entreprend un déploiement des problèmes anciens et la création des théories mathématiques nouvelles, tandis qu'au deuxième niveau, elle entreprend une véritable prolifération des formalismes logico-mathématiques. Elle sert ici à assurer la sécurité de la mathématique en la protégeant de la teneur de certaines interdictions et des difficultés créées par des paradoxes.

Suivant cette perspective, on peut expliquer de quelle manière établir le caractère non contradictoire des théories mathématiques formelles et aboutir ainsi à une sorte de théorie de la démonstration, dont l'objet est de s'occuper des opérations à pouvoir effectuer sur les preuves elles-mêmes.

Il s'ensuit dès lors que la métamathématique ou la théorie des preuves étudie « les propriétés d'un objet qui se présente sous une forme correcte, on n'a plus à tenir compte de la signification des symboles utilisés mais seulement de leur configuration et de la manière dont ils peuvent se distribuer, se combiner, s'échanger, se substituer les uns les autres » [6].

La métamathématique nous fait passer à un niveau supérieur d'analyse et constitue un véritable approfondissement de la démarche mathématique. Au même moment, elle nous introduit dans une couche plus basale. En clair, on se perd dans un déploiement de niveaux entre lesquels il n'y a pas d'hétérogénéité mais plutôt à une continuité de perspectives.

Pour LADRIERE, la théorie de la démonstration est née « pour sauver l'ensemble des mathématiques classiques (y compris la théorie du transfini) et de faire droit aux critiques constructivistes des intuitionnistes ». Il a fallu que HILBERT établisse une différence nette entre la théorie des fondements et la mathématique elle-même. Et LADRIERE renchérit que « à la mathématique classique, représentée dans les formalismes adéquats (qui doivent englober la logique utilisée pour la déduction du théorème), il (HILBERT) superpose une mathématique, ou théorie de la démonstration, chargé d'étudier la propriété de formalisme du premier niveau et en particulier d'établir leur non-contradiction ».

La préoccupation majeure de la théorie de la démonstration était d'établir le critère de preuve admise au plan métamathématique.

L'intuitionnisme et la théorie de la démonstration ont joué un rôle très important dans le formalisme au point d'affirmer sans conteste qu'il n'est pas possible au formalisme d'échapper à ces deux thèmes pour sa constitution. Et LADRIERE souligne à ce sujet que : "On ne peut se passer d'un recours ultime à l'intuition" [6]. Cela signifie donc que les mathématiques sont construites afin de compte sur les gestes concrets.

Au fond, le formalisme ne peut pas s'écarter de l'intuitionnisme ni du programme de la théorie de la démonstration.

3 PROJET GÖDELIEN

La science des fondements se pose deux catégories de questions :

Comment arriver à représenter les théories mathématiques au moyen des systèmes formels ? Quelles sont les méthodes qui peuvent servir d'étude des propriétés de ces formalismes ?

A cet effet, on s'aperçoit que la méthode de formalisation comporte des limitations internes. Cela veut dire qu'il y a des limitations au pouvoir de représenter un système formel, comme il y a aussi des limitations à la connaissance de pouvoir acquérir des propriétés d'un système formel. Du reste, ces limitations tiennent à la nature des systèmes formels.

Il est évident de souligner que des théorèmes faisant parti de la science des fondements établissent des faits de limitation.

Le théorème de GÖDEL (1931) est le plus célèbre des théorèmes de limitation⁴ établissant la non-complétude syntaxique du système des *Principia Mathematica* de WHITEHEAD et RUSSELL (1910-1913) et des systèmes apparentés (GÖDEL, 1931). Ce théorème dit qu'« un système Σ est syntaxiquement complet, si toute proposition appartenant à Σ est, soit dérivable, soit réfutable en utilisant les moyens de démonstration de Σ ».

Dans un système formel qui contient au moins l'arithmétique récursive et qui est consistant, le théorème d'incomplétude indique qu'il existe des propositions indécidables, autrement dit, des propositions qui ne sont ni dérivables ni réfutables.

⁴ Les limitations internes des systèmes formels concernent soit des problèmes syntaxiques qui sont par exemple le problème de la complétude et le problème de la décision, soit des problèmes sémantiques qui sont par exemple la capacité d'un système à représenter par ses propres ressources des concepts métathéoriques qui lui sont relatifs, la capacité d'un système à représenter une théorie de façon adéquate.

Le théorème de GÖDEL revient à démontrer, d'une part, que dans tout système formalisé consistant construit autour de l'arithmétique, il peut exister des propositions indécidables et, d'autre part, que la non contradictoire ou consistance d'un tel système ne peut être prouvé 'à l'intérieur' de ce système, tant que cela ne fait pas recours aux définitions, axiomes et théorèmes du système.⁵

La preuve de ce théorème est établie telle qu'il soit possible de démontrer que la proposition ainsi construite est indécidable et suit donc le modèle du paradoxe du menteur. Elle affirme, d'elle-même, qu'elle est indémontrable dans le système considéré.

Le second théorème de GÖDEL, qui est au fond un corollaire du premier, dit clairement que « dans tout système Σ qui répond aux exigences du premier théorème, la proposition affirmant que Σ est consistant, n'est pas prouvable dans Σ ».

Il est évident que pour prouver la non-contradiction d'un système, on doit avoir recours à des moyens de démonstration plus puissants que ceux du système. D'où, l'abandon du point de vue finitiste qu'avait adopté HILBERT pour les preuves de consistance⁶.

Kurt GÖDEL a choisi la théorie des nombres des *Principia Mathematica*, « PM », pour effectuer la preuve de l'incomplétude. Comme on le sait pertinemment bien, la théorie formelle a été inventée au début du 20^{ème} siècle par les mathématiciens anglais B. RUSSELL et WHITEHEAD. En effet, la théorie formelle était la théorie mathématique qui a fait servir de référence en termes de rigueur dans les théories mathématiques formelles.

Bien avant les travaux de GÖDEL et en particulier au XIX^{ème} siècle, pour la plupart des mathématiciens, toute proposition vraie devait pouvoir être démontrée à l'intérieur d'un système formel. Cela signifie donc qu'un système formel doit être *complet* et avoir tous les outils nécessaires avant de décider de la véracité de n'importe quelle proposition. Dans ce contexte, HILBERT (maître de GÖDEL) essaie vainement de démontrer entre 1900 et 1928 qu'on peut déduire à partir d'un système formel donné, une infinité de propositions, toutes vraies.

Cependant, en 1931, GÖDEL démontre que les recherches entreprises par HILBERT sont au fond irréalisables. En prenant l'exemple simple de l'arithmétique, GÖDEL montre qu'une théorie consistante, s'appliquant aux nombres entiers, peut s'avérer incomplète. Il parvient même à construire un théorème présentant les propriétés ci-après : si ce théorème est vrai, alors il est indémontrable ; s'il est faux, alors il est démontrable ; le système formel se révélait donc inconsistant ; ce qui est alors absurde, car sinon nous ne pourrions pas nous fier à aucun des théorèmes créés par le système formel. D'où, il y a lieu d'admettre que le théorème est vrai et indémontrable et le système consistant est incomplet et ne peut démontrer toutes les propositions vraies.

Les auteurs de PM croyaient avoir construit un système mathématique formellement parfait sur la base duquel on pouvait créer de manière mécanique, les théories mathématiques complètes et cohérentes.

En 1931, Kurt GÖDEL va s'appuyer sur l'axiomatique de PEANO pour ainsi s'attaquer à la preuve de la cohérence et de l'analyse, à l'aide de moyens finis. Son idée principale consiste à prouver la cohérence relative de l'analyse et de l'arithmétique, qui est une preuve plus aisée.

En clair, GÖDEL a détruit ; mais il aurait pu détruire l'édifice de PM avec le théorème de l'incomplétude portant son nom ; ce qu'il a fait c'est de montrer qu'il est possible d'introduire des autoréférences (Paradoxes de RICHARD et du menteur) dans les théorèmes de PM et donc d'indécidabilité.

La démarche gödelienne de la preuve de l'incomplétude s'effectue en des grandes étapes de la preuve de l'incomplétude et de l'incohérence de « *Principia Mathematica* ».

⁵Nous signalons que GÖDEL a publié ses travaux au moment où les littérateurs se mettaient à pied d'œuvre pour « assimiler » la relativité d'EINSTEIN et les relations d'incertitude HEISENBERG. En réalité, ces théories physiques ont facilement amené les ignorants à l'idée rassurante selon laquelle l'ignorance est inéluctable.

⁶ GÖDEL fait savoir dans une note de 1963 que les théorèmes d'incomplétude peuvent recevoir la version fondamentalement générale qui s'exprime comme suit :

« Il peut être prouvé rigoureusement que dans tout système formel consistant qui contient une certaine dose de théorie finitaire des nombres, il existe des propositions arithmétiques indécidables et que, de plus, la consistance d'un tel système ne peut être prouvée dans le système ». GÖDEL, *Collected works*, I.p.195.

1. GÖDEL crée un modèle arithmétique de PM qui équivaut au PM ayant des symboles.

A cet effet, il établit des relations biunivoques entre PM symboles et PM arithmétiques où l'on a des relations symboles entre symboles de base et nombre de GÖDEL, théorème ou axiome (suite de symboles et nombre de GÖDEL et preuve en suite de théorèmes et axiomes et nombre de GÖDEL).

Le processus peut être itéré sur une suite de formules de l'arithmétique de PEANO, donnant ainsi le nombre de GÖDEL correspondant à la suite de formules. Le codage d'une suite de formules est essentiel. On voit que les preuves ne sont que des suites finies de formules dont chacune, soit, est un axiome, soit, découle des précédentes.

Les raisons fondamentales, qui poussent GÖDEL à créer un modèle arithmétique équivalent, consistent à :

- créer les autoréférences par l'introduction d'une formule du nombre de GÖDEL,
- choisir un modèle spécifique pour développer les preuves.

2. GÖDEL traduit alors avec les symboles de PM que « la formule "Z" n'est prouvable qu'avec les règles de PM »

$$\neg(\exists x)(Dem(x, z))$$

Il n'existe pas un x preuve de z : donc Z n'est pas prouvable. $Dem(x, z)$ est la relation entre un théorème Z et sa preuve x

3. GÖDEL introduit dans la formule ci-dessus une autoréférence en y insérant le nombre de GÖDEL en lieu et place de Z :

$$\neg(\exists x)(Dem(x, sssss \dots sss0))$$

Dès lors, on voit que le nombre de « s » est au nombre de GÖDEL « G » de la formule.

4. GÖDEL prouve que le paradoxe : « G » est prouvable si et seulement si, la négation de G est prouvable » c'est un théorème de PM

5. De ce paradoxe, GÖDEL déduit que : « la théorie formelle des nombres *Principia Mathematica* est incomplète ou incohérente »

- a. Si la formule « G » est prouvable alors PM est incohérent parce qu'un théorème et sa négation sont vrais.
- b. Si la formule « G » est indécidable ou pas prouvable, alors PM est incomplet.
- c. On ne peut pas assurer la complétude de *Principia Mathematica* en affirmant que les formules indécidables sont des axiomes, et pour cette raison, elles sont infiniment plus nombreuses que les propositions décidables et, selon le même rapport ; que les nombres rationnels vis-à-vis des nombres entiers.
- d. En tout état de causes, le théorème de GÖDEL concerne l'ensemble des théories mathématiques formelles.

Pour GÖDEL, « les systèmes (comme par exemple celui des *Principia Mathematica*) sont tellement larges que toutes les méthodes de démonstration utilisées aujourd'hui en mathématiques y sont formalisées, c'est-à-dire ramenées à quelques axiomes et règles d'inférence. On pourrait, par conséquent, supposer que ces axiomes et règles d'inférence suffisent pour décider de toute question mathématique qui pourrait s'exprimer formellement dans ces systèmes. Dans ce qui, suit nous montrerons que tel n'est pas le cas et qu'il existe au contraire, dans ces systèmes, des problèmes relativement simples concernant la théorie des entiers que l'on ne saurait trancher sur la base de ces axiomes » [3].

En prenant du recul vis-à-vis du théorème de GÖDEL, il y a lieu de circonscrire et d'indiquer que les conséquences du théorème d'incomplétude sont de divers ordres dans son appréhension.

« Suite au théorème de GÖDEL, remarque Douglas HOFSTADTER, on a pris conscience de la subtilité et de la profondeur de la pensée mathématique et de l'effondrement du brillant espoir de mécaniser les mathématiques. Qu'est-ce que la pensée mathématique ? Qu'est-ce qu'une vérité mathématique ? Voilà, d'après l'auteur, des questions fondamentales encore non résolues 70 ans après GÖDEL » [4] qui mériteraient à notre avis, qu'on s'y penche.

Et, G. CHAITIN, de renchérir, dans le cadre du paradigme de la complexité dans les mathématiques : "je ne pense pas que les implications du théorème de K. GÖDEL doivent nous faire désespérer. Ma conclusion est que nous ne pouvons avoir des certitudes sur rien. En conséquence, nous devons toujours tendre vers la raison, mais raisonner ne suppose plus uniquement déduire mécaniquement des conséquences à partir d'axiomes.

Raisonner est un exercice intellectuel qui implique de discuter et d'échanger avec les autres, d'utiliser des intuitions, de faire émerger un consensus [5]. Par ailleurs, il souligne que "le théorème d'incomplétude illustre les faiblesses de la démarche "top-down" des déductions axiomatiques. Il faut les compléter par des démarches "bottom-up" basées sur des interactions

entre les acteurs pluridisciplinaires pour faire émerger des innovations". A la suite du théorème de GÖDEL, G. CHAITIN envisage même le flou dans les mathématiques : un théorème pourrait être plus ou moins vrai.

Au fond, que dire au final du projet gödelien ?

En 1931, GÖDEL publie deux théorèmes d'une portée d'extrême importance. A proprement parler, il s'agit de *méta théorèmes*, puisqu'ils appartiennent à une métathéorie chargée d'étudier l'arithmétique en tant que théorie–objet. GÖDEL vient donc remettre en question la métamathématique hilbertienne.

1. Quel que soit l'ensemble d'axiomes conçus pour élaborer une théorie ayant au moins la complexité de l'arithmétique des nombres naturels, il existera toujours au moins un énoncé vrai qu'il sera impossible de prouver à partir de ces axiomes.
2. Il n'est pas possible de prouver à l'intérieur d'une théorie ayant au moins la complexité de l'arithmétique des énoncés naturels, la non-contradiction de cette théorie.

En d'autres termes,

- nous apprend que l'arithmétique est une théorie incomplète
- nous dit que pour établir la cohérence d'une théorie A, on doit concevoir dans ce cas une métathéorie B dont l'un des métathéorèmes va se rapporter à la cohérence de A.

Mais il reste à établir la cohérence de B sans laquelle on n'a pas l'assurance de la validité du résultat qui établirait la cohérence de A.

En plus, pour établir la cohérence de B, on devra recourir à une métathéorie C dans laquelle on va établir la cohérence de B et cela jusqu'à l'infini. On se trouve alors buté aux difficultés telles qu'on ne saurait pas quelle position prendre.

Faut-il absolument recourir à une série infinie de métathéories dont chacune permet d'établir la cohérence de celle qui la précède, mais dont la cohérence propre dépend de celle qui la suit ?

Ou bien peut-on penser quelque part à une métathéorie ultime, dont la cohérence irait de soi et sur laquelle pourrait se fonder la cohérence de toutes les autres théories et métathéories ?

Devant ce dilemme cormélien ou shakespearien, GÖDEL a eu l'idée de reprendre cet énoncé et d'y remplacer le mot fausse par le mot indémontrable. Il a ainsi obtenu l'énoncé :

« La présente phrase est indémontrable »

Pour ce faire, GÖDEL a eu recours à une technique appelée *arithmétisation de l'arithmétique* pour construire à l'intérieur de l'arithmétique, une proposition affirmant sa propre indémontrabilité.

Si dans une théorie on a une proposition qui s'énonce comme suit :

« Je suis indémontrable ».

Alors de deux choses l'une :

Ou bien cet énoncé est effectivement prouvable ou il ne l'est pas.

S'il n'est pas prouvable, on déduit que l'énoncé en question est vrai ; mais si c'est un énoncé vrai qu'il est impossible de prouver, la théorie est incomplète.

A *contrario* donc, si cet énoncé était prouvable, on conclurait qu'il est faux.

Donc il serait possible de prouver dans cette théorie un énoncé faux. En clair, la théorie serait incohérente.

L'incohérence ainsi décelée, indique Virginia WOOLF, constitue un défaut ultime pour une théorie qui se dit logique.

Donc, s'il faut s'en tenir à la cohérence de l'arithmétique, alors on doit absolument se résigner à admettre qu'elle est incomplète.

En arithmétique, il existe des énoncés vrais qu'il n'est pas possible de prouver à partir des axiomes de cette théorie.

Pour contourner les tribulations de l'incohérence, l'incomplétude s'obtient en remplaçant ainsi le mot faux dans le paradoxe d'EUBULIDE par le mot *indémontrable*, GÖDEL est parvenu à transformer un paradoxe en un énoncé subtil, mais fécond, puisqu'il est capable d'éclaircir les rapports adverses et complémentaires existant entre les concepts de cohérence et de complétude.

Mais plus que cela, on est tenté de penser qu'on se trouve irrémédiablement condamné à accepter une insondable zone floue cachée au plus profond des sources des connaissances.

GÖDEL a aperçu que les défauts du projet de HILBERT sont d'ordre épistémologique, plutôt que techniques. HILBERT ne pouvait pas mener à bien son projet pour deux raisons. La première, déclare GÖDEL, tient à des exigences constructives, qui lui eurent interdit un usage non constructif de la hiérarchie ramifiée, inventée justement à des fins constructives. La deuxième, dit-il, tient à une présupposition générale du point de vue formaliste, la coextension des concepts de démontrabilité et de vérité. Partant des résultats d'incomplétude, il y a lieu donc au contraire de pouvoir les distinguer.

La première chose importante à considérer est que le théorème de GÖDEL est mathématique. Il n'énonce *a priori* aucune vérité valable en dehors de ce cadre. Sur ce, il est à remarquer que les éléments d'une globalité ne suffisent pas à la décrire, qu'il faut en sortir et prendre du recul pour l'observer. En d'autres termes, réduire une globalité, une totalité à un objet pour pouvoir l'étudier, nécessite de se placer dans un cadre plus large.

"Un tout ne peut se compléter lui-même". Autrement dit, la limite est toujours extérieure à ce qu'elle limite, la limite est contenue dans ce qu'elle limite (un ensemble fermé ou une suite stationnaire).

Est-ce que l'on peut dire que la pensée de celui qui pense actuellement l'ensemble de différentes choses de tout genre, peut appartenir à l'ensemble total qu'il pense ?

La seconde partie du programme de HILBERT touchant les fondements exigeait qu'il fût montré par les raisonnements métamathématiques finitistes qu'un système formel, qui formalise les mathématiques classiques, est consistant. Puisque les mathématiques formalisées dans $\mathbb{N}$... ne sont pas toutes entières finitistes, on espérait que si on excluait des méthodes formalisées dans $\mathbb{N}$ la partie non finitiste, la partie restante suffirait pour démontrer la consistance. Or le second théorème de GÖDEL montre qu'avec toutes les méthodes formalisées dans $\mathbb{N}$, la partie non finitiste, la partie restante suffirait pour prouver la consistance. Cela signifie qu'on est en présence d'une métalangue isomorphe à $\mathbb{N}$ lui-même. Donc on n'arrive même pas à prouver la consistance de $\mathbb{N}$, si $\mathbb{N}$ est consistant [7].

4 CONCLUSION

Les recherches sur la théorie des fondements ont rendu nécessaires la construction des mathématiques et cela après la découverte de problèmes dans la théorie des ensembles créant ainsi des paradoxes qui ont compromis la cohérence même des mathématiques et l'exposant au principe d'explosion.

La question des limitations internes des systèmes formels de notre approche cherche à savoir si les problèmes traités, mais non résolus aujourd'hui, peuvent être résolus un jour. En effet, cette préoccupation nous conduit naturellement à une ouverture sur l'optimisme. De surcroît, elle nous pousse à une prise de conscience de l'effort de l'humanité qui déploie les stratagèmes pour résoudre ses problèmes.

REFERENCES

- [1] J. Ladrière, "Le rôle du théorème de GÖDEL dans la théorie de la démonstration" *Revue Philosophique de Louvain*, pp . 469 – 492, 1949.
- [2] Y. Gauthier, *Logique et fondements des mathématiques* : Paris : Diderot, 1997.
- [3] K. GÖDEL, E. Nagel, J.R. Newmann et J.-Y. Girard : *Le théorème de GÖDEL*. Sources du savoir, Paris : Le Seuil, 1989.
- [4] D. Hofstadter, GÖDEL, Escher, Bach : *Les brins d'une guirlande éternelle*, Paris : Dunod, 2000.
- [5] Gregory Chaitin, *La complexité : vertiges et promesses de Réda Benkitane*. Interview de Gregory CHAITIN, 2013. [Online] Available http://www.archipress.org/?page_id=57 (août 2013).
- [6] J. Ladrière : *Les limitations internes des formalismes. Etude sur la signification du théorème de Gödel et des théorèmes apparentés dans la théorie des fondements des Mathématiques*, Nawelaerts/Gauthier-Villards, Paris/Louvain, 1957.
- [7] S.C. KLEENE, *Logique mathématique*, Paris, Armand-Colin, 1971.

Incomplétude et intelligence artificielle

A.-Roger LULA BABOLE¹⁻²

¹Département de Mathématiques et Informatique, Université de Kinshasa, RD Congo

²Faculté de Philosophie, Université Catholique du Congo, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The degree of freedom of a machine is organized and specified by a human being. Even it's well known that a machine is very quick and very reliable than a human being; this remains in the center because the algorithm was made by him. The calculable functions in TURING's machine are all calculable in intuitive point of view. So there are the undecidable properties in all axiomatic for formalizing the arithmetic.

KEYWORDS: incompleteness, artificial intelligence, TURING's machine, consistence, undecidability, human spirit.

RESUME: Le degré de liberté de la machine est organisé et spécifié par l'homme. Quand bien même la machine dépasse l'homme en rapidité et en fiabilité, celui-ci reste le maître de l'algorithme et marque dans la conception de l'algorithme sa supériorité vis-à-vis de la machine qui ne doit qu'exécuter l'algorithme qui a été prévu. Les fonctions calculables à la TURING sont toutes calculables au sens intuitif. Ainsi, il y a des propriétés indécidables dans toute axiomatique pour formaliser l'arithmétique.

MOTS-CLEFS: incomplétude, intelligence artificielle, machine de TURING, consistance, indécidabilité, esprit humain.

1 INTRODUCTION

En 1930 et 1931, GÖDEL a atteint des résultats fondamentaux concernant la problématique de la décidabilité en logique et en mathématiques. On dit en logique qu'une théorie présente une incomplétude si elle comporte une formule telle qu'elle ne peut être ni démontrable ni réfutable, donc indécidable.

En effet, le théorème de GÖDEL affirme, d'une part, l'existence de formules vraies dans la structure $(\mathbb{N}, 0, S, +, \cdot)$ et prouvables à partir du système de PEANO de premier ordre PA_1 , et, d'autre part, l'impossibilité pour une théorie consistante incluant PA_1 , de prouver sa propre consistance par des procédés formalisables, c'est-à-dire la cohérence de l'arithmétique de PEANO. Grâce à une extension de la théorie des fonctions récursives, ce théorème peut être généralisé de diverses façons. L'étude des fonctions récursives constitue une voie d'approche permettant de mieux cerner le contenu de la notion de constructivité.

Pour GÖDEL donc, aucun système de preuve ne peut capturer pleinement le raisonnement mathématique. En clair, GÖDEL affirme que toute théorie suffisante, aux fins de capturer les raisonnements arithmétiques, est nécessairement incomplète. Il convient de souligner qu'il y a des énoncés vrais qui sont non prouvables et dont la négation n'est pas non plus prouvable. Donc la cohérence d'une théorie mathématique s'exprime par un énoncé, qui ne peut être prouvé ou réfuté. Au fond, les arguments gödéliens sont fondés sur une notion informelle de déduction algorithmique.

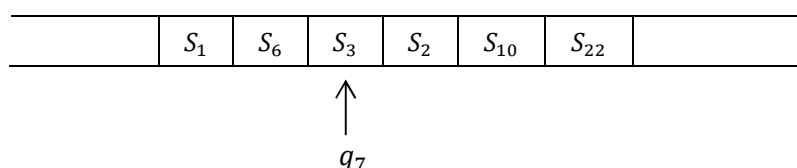
CHURCH, pour sa part, a résolu de façon négative, l'Entscheidungs Problem. De son côté, TURING a atteint un résultat de portée fondamentale, connu sous le nom de machine de TURING.

2 SYSTEMES FORMELS ET MACHINE DE TURING

HILBERT explique la nature discrète des formalismes mathématiques qui sont considérés comme des suites des signes matériels simples ou élémentaires et alphabétiques. Donc, une fois qu'on voit les lettres et les mots gödelisés, la voie est ouverte à la machine numérique de TURING. Pour Giuseppe LONGO, du moins au regard des structures conceptuelles des mathématiques, des systèmes formels alphanumériques sont à nouveau supposés complets. Cela veut dire donc que des systèmes formels auraient dû nous dire tout de ces structures conceptuelles. Et, au vu des certains, la machine de TURING aurait dû un jour modéliser complètement le fonctionnement du cerveau. A chaque fois qu'il se montre audacieux, le programme de connaissance paraît se dégrader toujours plus.

La machine de TURING ou machine logique s'inscrit dans le cadre des systèmes formels aux dynamiques continues. Cette démarche est en effet « Laplacienne ». Cela signifie donc que le caractère imprévisible ne peut être que pratique et, en principe, n'existe pas comme dans la physique des systèmes formels¹.

Profitant des résultats obtenus par GÖDEL, CHURCH a donc utilisé sa propre formalisation liée à la notion intuitive d'algorithme. Finalement, il a abouti à un résultat fondamental suivant : « λ –calcul ».



Notons en effet que la machine de TURING est un dispositif abstrait qui se compose d'une bande infinie divisée en cases, et d'une cellule mobile observant à chaque moment une de ces cases. La cellule contient le programme de machine de TURING, c'est-à-dire l'ensemble des instructions.

Il est à noter que chaque instruction prend la forme d'une suite ordonnée de 5 symboles. Il s'agit de S_i, q_1, S_j, q_m, X . Cela signifie que si la machine de TURING est à l'état q_1 , et si le signe S_i est dans la case visée, alors elle doit effacer la cellule d'une case vers la gauche ou vers la droite ou encore la laisser à sa place, selon la valeur de X ($X = G$: gauche; $X = D$: droite; $X = N$: Nul) et, finalement, passer à l'état q_m . L'ensemble fini de signes $\{S_1, S_2 \dots S_k\}$ est l'alphabet extérieur de la machine de TURING et, sert, dans le cadre du programme, à diriger le travail de la machine. TURING tire deux propriétés de base de son modèle : l'universalité et les problèmes indécidables².

En effet, la puissance du modèle de TURING s'exprime dans l'universalité. Au fond, elle est la propriété la plus prodigieuse. L'universalité s'énonce intuitivement comme suit : il existe une machine de TURING U qui, à partir d'une description d'une autre machine de TURING M et d'une donnée de M, va calculer la même chose que M. En clair, U *simule* M. TURING a montré comment il était possible de construire une « Machine de TURING universelle » qui puisse être en mesure de stimuler l'action de n'importe quelle machine de TURING équipée de n'importe quel programme ; on l'appelle U. Elle a un programme fixe. Les données initiales de la machine U sont une suite de 0 et de 1 ayant la forme code (M).d pour stimuler une machine disposant du programme Met traitant des données d. En effet, le programme de la machine U procède à l'analyse du code du programme M, et il applique ce programme aux données d [1].

Pour TURING, le λ – calcul typé obtenu par la suite était expressif. Cela signifie donc qu'on a au plus les polynômes. Ce qui nous écarte à cette époque de la fonction d'ACKERMANN.

¹La machine de TURING est un objet théorique consistant en trois éléments : un ruban, une tête de lecture/écriture dite simplement tête de la machine et une liste d'instructions.

TURING, en 1936, considérait en effet l'homme calculant, le ordinateur, et se demandait comment décrire systématiquement et exhaustivement son activité mentale idéalisée. L'auteur, en 1950¹, présentait autrement sa préoccupation. C'est toute l'étendue des activités ou manifestations de l'intelligence qu'il prétend ici subsumer et cela sous un schéma explicatif général.

² M. MARGENSTERN, "Ce que Alan Turing nous a laissé" dans SMF – Garette 135, janvier 2013, pp.17-31.

La formalisation de sa machine permet à TURING de donner une réponse à un des problèmes majeurs posés par HILBERT. Il y répond donc par la négative. D'un point de vue théorique, on peut penser que tous les calculs sont réalisés sur une machine de TURING et de définir un algorithme qui peut être un programme de TURING-POST [1].

En clair, TURING prouve qu'il n'existe pas d'algorithme qui permette de résoudre le problème de la décision.

Autrement dit, il n'y a pas d'algorithme permettant de savoir si un énoncé clos du calcul des prédicats du premier ordre est démontrable ou pas. A ce stade, il évoque le problème de l'arrêt des machines de TURING. Sur ce, on dit que le problème de l'arrêt est *indécidable* puisqu'il n'admet pas l'algorithme de décision. Cela amène à un théorème prouvé par RICE mais que TURING aurait pu démontrer à son niveau. Il s'agit d'un nombre réel récursif en une suite de 0 et de 1 définie par une machine de TURING. Ici, on donne n par exemple à la machine ; celle-ci retourne les n premiers termes de la suite. Ainsi, le réel représenté est $\sum_{k=0}^{\infty} a_k 2^{-k}$ où a_k est la suite fournie par la machine. La propriété est donc la suivante : *il n'existe pas d'algorithme permettant de dire si un nombre réel récursif est nul ou non*.

Par la suite, TURING a abordé le λ -calcul de CHURCH. Devant la difficulté créée par la non-totalité d'une fonction universelle, CHURCH et TURING ont eu à transporter au λ -calcul la notion russellienne de type.

En 1950, on reconnaît les efforts entrepris par GÖDEL avec son système T^3 qui, tout en restant dans un ensemble de fonctions totales, admet un schéma de récurrence fonctionnelle permettant de passer au-delà des fonctions primitives.

Le problème de l'arrêt étant un problème indécidable, il a été ressenti comme une barrière difficile à franchir. Ce problème consiste à déterminer quels jeux de données vont déterminer ou non l'arrêt. Ce serait intéressant que le problème de l'arrêt puisse se résoudre par un algorithme, c'est-à-dire par la recherche d'un programme de TURING-POST. On doit à TURING une extension de la notion de machine de TURING appelé *machine à oracle*. En effet, on dit que la machine à oracle est une machine de TURING ordinaire qui dispose d'un ruban supplémentaire ayant une tête de lecture seulement avec ce ruban. Il résulte de l'indécidabilité du problème de l'arrêt l'existence de limitations internes qui détermineraient l'applicabilité des algorithmes. En fait, la preuve constitue une application de l'argument diagonal de CANTOR.

Evidemment, elle calcule comme une machine de TURING ordinaire. Elle peut parfois consulter le ruban supplémentaire appelé oracle. Dans une telle démarche, un pas de calcul va compter.

La nouvelle puissance des machines à oracle dépend effectivement de l'oracle en ce sens que si on fixe un oracle, on a immédiatement un nombre infini de machines. En clair, toutes les machines de TURING ordinaires pourraient être adaptées aux fins de fonctionner avec un oracle.

3 ESPRIT HUMAIN ET MACHINE

Le lien qu'établit TURING entre systèmes formels et machines permet l'application du résultat de GÖDEL à l'intelligence artificielle. En 1936, TURING invente la notion de machine de TURING, procédé formel qui permet de définir ce qu'est un énoncé décidable ou une fonction calculable. Avant même la naissance officielle de l'intelligence artificielle, sa possibilité théorique est donc mise en cause par le théorème de GÖDEL illustrant sans contexte les limitations de l'approche mécaniste.

En montrant que les machines ne peuvent pas tout calculer, les travaux de GÖDEL et de TURING⁴ paraissent s'opposer au projet de l'intelligence artificielle. Or, pour TURING, il n'y a pas de limites entre « mécanique » et « intelligent » et le cerveau est semblable aux ordinateurs en train de naître. Il estime que les machines vont devenir « intelligentes ». Ainsi, en 1950, il propose un test qui permettrait de déterminer quand cela sera atteint⁵. Cette vision de la pensée humaine est perçue comme

³Le système T de GÖDEL est le système construit lorsqu'on ajoute au λ -calcul simplement typé les types produits, les types sommes, le type unité, le type vide et le type des entiers naturels. En effet, ce système où la réduction est confluente et satisfait la propriété de CHURCH – ROSSER – vérifie les propriétés de déclaration des variables libres, d'affaiblissement, de substitutivité de préservation du type par réduction et même d'unicité du type (sauf dans la présentation à la CURRY).

Evidemment, l'inférence et la vérification dans le système de T de GÖDEL sont donc décidables. Finalement, on voit que le système T vérifie la propriété de normalisation forte entraînant que tous les programmes bien typés dans ce système formel terminent.

⁴ TURING, « Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs Problem » TURING montre l'indécidabilité du problème d'arrêt d'une machine de TURING en utilisant, comme GÖDEL, la méthode de la diagonale de CANTOR.

⁵ A. TURING, « Computing Machinery and Intelligence »

un mécanisme mathématique. Dans le test de TURING, l'auteur critique toutes les objections faites à la possibilité d'une machine pensante (théorème de GÖDEL, la conscience, l'objection d'ADA LOVELACE, etc.) et les réfute.

La question du rapport entre le théorème de GÖDEL et l'intelligence artificielle nous invite à préciser quelques nuances. [2]

Nous estimons qu'il est possible de mécaniser l'activité de certaines zones du cerveau. Cela veut dire qu'on peut automatiser la reconnaissance liée à l'espace et fabriquer ainsi des robots qui peuvent retomber sur leurs pattes. De même, ils peuvent corriger par exemple les déviations de la trajectoire d'un véhicule au conducteur qui somnole. S'agit-il ici d'intelligence ou d'instinct qui guiderait le robot ? Quant à nous, il convient de parler d'« instinct artificiel ».

En 1950, TURING s'efforçait de montrer qu'il était concevable que l'on puisse dire un jour de certaines machines qu'elles sont capables de penser ou encore de faire preuve d'intelligence. Dans son schéma, la stratégie de TURING comportait deux volets [3] :

- 1° le volet conceptuel et négatif qui estime faux d'attribuer de l'intelligence à une machine quelle qu'elle soit.
- 2° le volet empirique et positif qui fait valoir la plausibilité de l'hypothèse que les ordinateurs soient un jour capables d'un comportement intelligent.

On lit bien les tensions chez TURING dans les deux moments de sa recherche. De nature mathématique, l'article de 1936 a entre autres indiqué les limitations internes du formalisme à la HILBERT. De portée philosophique, celui de 1950 a circonscrit aussi, contrairement aux anciens préjugés, que le domaine de la machine s'étendait potentiellement bien au-delà de l'exécution des tâches « mécaniques » - au sens de « stupides » qui n'impliquent ni pensée ni volonté - et cela, de façon concomitante faisant voir que le formalisme était plus la pure pensée mathématique. C'était en effet déjà là l'annonce du programme relatif à « l'intelligence artificielle ».

Les machines réalisent leurs opérations souvent plus rapidement et de manière plus fiable que l'être humain par l'exploitation efficace de plus grandes informations, et cela, quand bien même elles s'évertuent à pouvoir réfléchir sur ce qu'elles sont en train d'effectuer et à pouvoir faire progresser leur comportement.

En tout état de cause, quelles que soient les performances, on ne peut pas se permettre d'affirmer qu'elles sauront résumer les textes et être en mesure d'appréhender des émotions, des intentions. Elles ne pourront pas non plus évaluer des faits liés à l'esthétique. En bref, tous ces faits relèvent de la sensibilité propre à l'être humain.

Evidemment, il y a lieu de souligner que la machine ne fait que résoudre des problèmes qui sont souvent difficiles, et que l'être humain lui pose. Au fond, ils sont en effet exprimables dans un cadre formel éventuellement très général. Donc, on ne pourrait pas affirmer que la machine pense à la manière de l'être humain, car la pensée ne se conçoit pas sans la conscience d'elle-même.

La machine sert donc de support dans les activités de l'homme. Il est donc difficile de discerner les limites intrinsèques de l'interaction ou association homme-machine. Toutefois, on retiendra que la machine reste, du point de vue mécanique, un outil surpuissant au service de l'homme.

Finalement les machines sont perçues comme de complexité limitée. Elles sont donc incapables de sortir des comportements spécifiés par leurs concepteurs. Ainsi la réalité des machines est telle que les ordinateurs modernes conduisent forcément à reconsidérer cette conception.

Il sied de souligner que l'intelligence ou la créativité relève d'un domaine plus complexe. Donc, on peut dire que c'est voué à l'échec. En clair, le théorème de GÖDEL s'y oppose radicalement. Il réfute la considération d'une science mécanisable et finale. Il vaudra mieux utiliser le bon sens. Par ailleurs, l'intelligence comprise au sens créatif se situe en une position d'inconfort où la possibilité d'erreurs. Donc, ici *le droit à l'erreur* se présente comme la condition *sine qua non*.

Nous devons en effet éviter le simplisme et de faire des exagérations. L'intelligence humaine atteint le pouvoir suprême et peut faire « bénéficier le monde des errements de la pensée, ce qu'un robot ne saurait faire. Nous précisons alors que « par rapport au fantasme d'un robot-Einstein, cela peut sembler limité, mais la véritable ambition se pare des atouts les plus modestes » [3].

En vertu des théorèmes d'incomplétude de GÖDEL, une machine qui peut appliquer des règles d'inférence sur un nombre fini d'axiomes ne saurait se prononcer sur la vérité de certains énoncés : les phrases de GÖDEL. Pourtant, on sait que l'être humain peut se rendre compte que ces énoncés sont vrais.

On reconnaîtra que les théorèmes d'incomplétude ont la forme conditionnelle : si la théorie et son implémentation dans la machine sont consistantes, alors l'être humain est capable d'affirmer la vérité de G. Pourtant, l'esprit humain éprouve d'extrêmes difficultés à déterminer si une théorie est consistante, et donc la méthode pour y arriver n'existant pas.

Cela suppose que l'être humain peut déterminer la consistance de toute théorie, ce qui nous laisse plonger dans la pure spéculation.

Il convient de souligner que l'affirmation selon laquelle l'arithmétique est indécidable, signifie donc qu'il n'existe pas de canaux automatiques de savoir, si une formule donnée est vraie ou pas pour les nombres naturels.

4 CONCLUSION

D'après TURING, la classe des fonctions à la CHURCH était équivalente à la classe des fonctions programmables sur les machines imaginaires ou machines de TURING. Il existe une procédure de calcul assimilant les fonctions calculables aux fonctions exécutables sur une machine de TURING. En réalité, les fonctions calculables à la TURING sont donc toutes calculables au sens intuitif.

Toutefois, il existe de propriétés indécidables dans tous les systèmes formels ou axiomatiques pour formaliser l'arithmétique. De façon correcte et évidente, il y a lieu de dire qu'on ne peut pas concevoir un algorithme qui, étant donné un programme quelconque, avertit avec certitude et au bout d'un temps fini, si ce programme doit éventuellement « tourner en rond », et s'exécuter de manière indéfinie, sans jamais trouver la sortie. Ainsi, il est établi qu'à toute propriété mathématique, on peut toujours associer une fonction numérique et réciproquement, à toute fonction numérique, il est possible d'associer une propriété mathématique. Donc, il faut remarquer qu'une propriété mathématique $P(a)$ est une fonction vers un ensemble ayant deux valeurs, {vrai, faux} ou, équivalent, $\{0,1\}$. D'où, le problème de la décision est équivalent au problème de calcul.

REFERENCES

- [1] Ian, STEWAERT : *Les mathématiques*, traduit de l'anglais par François GALLET, (Collection Sciences d'Avenir), Paris : la science, 1989.
- [2] J-Y. GIRARD : *le point aveugle*, tome I, vers la perfection, Herman.
- [3] F. NEF et D. VERNANT (dir) : *Les années 1930 : réaffirmation du formalisme*, Vrin, pp.1-41, 1998.

L'incomplétude et la mécanique quantique relativiste

A.-Roger LULA BABOLE¹⁻²

¹Département de Mathématiques et Informatique, Université de Kinshasa, RD Congo

²Faculté de Philosophie, Université Catholique du Congo, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The internal limitations of relativist quantic mechanic establish the incomplete character and undecidable of physics theories in the light of results of GÖDEL's theorem. From this mechanic, the research shows that a formal system which involves the natural integers cannot be in the same time complete and consistent. In addition, it proves that the coherence of a such system can be demonstrate "inside" of formal system.

KEYWORDS: incompleteness, special relativity, general relativity, relativist quantic mechanic, SCHRÖDINGER's equation, DIRAC's equation, continuous' equation.

RESUME: Les limitations internes de la mécanique quantique relativiste établissent le caractère incomplet et indécidable des théories physiques au regard des résultats du théorème de GÖDEL. Partant de cette mécanique, l'étude montre qu'un système formel qui comprend les entiers naturels ne peut pas à la fois être complet et consistant. De plus, elle prouve que la cohérence d'un tel système ne peut pas se démontrer « à l'intérieur » du système formel.

MOTS-CLEFS: L'incomplétude, la relativité spéciale, la relativité générale, la mécanique quantique relativiste, l'équation de SCHRÖDINGER, l'équation de DIRAC, l'équation continue.

1 INTRODUCTION

Le théorème d'incomplétude de GÖDEL rend bien compte de la coexistence théorique de la mécanique relativiste et de la mécanique quantique, qui sont des théories physiques diamétralement opposées. En logique, avons-nous dit, une théorie est incomplète, si elle comporte une formule telle qu'elle ne peut être ni démontrable ni réfutable, donc si elle comporte une formule indécidable. En physique les découvertes montrent que les théories scientifiques ne peuvent plus être considérées comme « vraies ».

A cette ruine de l'édifice intellectuel, les mathématiques font donc résistance jusqu'à la publication en 1931, par le logicien Kurt GÖDEL (1906-1978), de son théorème d'incomplétude : un système formel qui comprend les entiers ne peut à la fois être complet et consistant. En outre, sa consistance ne peut être démontrée « à l'intérieur » du système.

Le fameux théorème d'incomplétude de GÖDEL montre que même les mathématiques, domaine du savoir qui paraît le plus formalisable, ne peuvent être entièrement et/ou totalement réduites à un système. Donc, le projet hilbertien du formalisme s'effondre.

Au début du 20^{ème} siècle, on a vu se développer, de façon indépendante, la mécanique quantique et la mécanique relativiste, sans que l'on ait pris simultanément en considération les deux limitations de la mécanique classique découvertes par A. EINSTEIN et M. PLANCK.

2 LA RELATIVITE RESTREINTE ET LA MECANIQUE QUANTIQUE

Enoncée indépendamment et simultanément par EINSTEIN et POINCARÉ en 1905, la relativité restreinte remet en cause nos « certitudes » sur un espace et un temps absolus. Les propriétés d'un nouveau concept d'espace-temps apparaissent étranges et, au même moment, la tentative kantienne de fonder la science sur les catégories a priori de l'esprit (l'espace et le temps). Quant à la mécanique quantique, elle est en effet une vision du monde tel qu'il se révèle à l'échelle atomique, radicalement différente de celle à laquelle on est habitué dans le monde macroscopique. En clair, elle est une théorie physico-mathématique décrivant les propriétés de base du rayonnement et de la matière.

Autrement dit, dans la mécanique relativiste, il ne pouvait y avoir d'action instantanée à distance et toute interaction se propageait par un champ transportant de l'énergie-impulsion. De même, dans la mécanique quantique, le transfert d'énergie-impulsion ne pouvait se faire de façon continue, mais il fallait qu'il y ait lieu par quantités discrètes, par quanta.

Comme on le sait, la relativité pose le problème d'énergie qui forme un seul être : une seule variable dynamique avec le moment, la covariance. Elle constitue une prédisposition à pouvoir apparaître. En effet, cette variable dynamique se trouve de la même manière dans tous les référentiels quand ils se présentent dans les équations.

- 1) L'énergie et le moment sont unis à un seul être, le carré de cette grandeur physique réunifiée s'est avéré être un invariant et égale à m^2c^4 .
- 2) Cette situation lue autrement produit une équation, c'est l'équation de l'énergie en fonction du moment. En effet, c'est la situation analogue de ce qui arrive en mécanique classique où l'énergie est exprimée en fonction du moment, c'est-à-dire $E=p^2/m^2$; ici, l'énergie est au premier degré. En effet, cette équation quantifiée est celle qui a donné l'équation de SCHRÖDINGER ne prenant pas en compte la théorie de la relativité.

$$\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\psi(\vec{r},t) + V(\vec{r},t)\psi(\vec{r},t) = i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial t}(\vec{r},t)$$

Dans cette équation, l'espace et le temps n'interviennent pas de la même façon. Cela signifie donc que le terme du temps est linéaire, alors que celui de l'espace est quadratique. Mais, dans l'équation relativiste, on voit que l'énergie est au 2^{ème} degré. Si l'on tend à la quantifier, on obtient une équation ayant la prétention de doter des énergies négatives à des particules libres, c'est-à-dire des énergies cinétiques de façon classique qui sont négatives, autrement dit des énergies n'ayant pas de sens.

Notons que les énergies négatives sont gênantes, car elles ne garantissent pas la stabilité des états quantiques. Donc, elles n'ont pas l'état fondamental.

Il fallait en effet qu'une équation relativiste décrive le spin, phénomène purement quantique. Cela veut dire que ce phénomène n'a pas d'analogue classique.

Le problème de localisation a préoccupé les physiciens. On voyait très mal qu'une pièce de monnaie disparaisse en France et qu'il fallait la chercher sur Jupiter à l'instant qui suit, processus physique qui devrait être local conformément à l'équation de continuité stipulant que les phénomènes physiques se propagent de proche en proche.

$$\frac{\partial}{\partial x}(c\psi + E_1\psi) + \frac{\partial}{\partial y}(c\psi + E_2\psi) + \frac{\partial}{\partial z}(c\psi + E_3\psi) - \frac{\partial}{\partial t}(\psi + E_4\psi) = 0$$

D'où, la théorie quantique du champ.

A la suite de la découverte du spin, DIRAC recherche une équation qui puisse le prendre en compte. Devant les antagonismes épistémologiques et en vue de trouver les pistes de solution, DIRAC prend donc le spin $S_x; S_y; S_z$ dans une équation relativiste en postulant un spineur à 4 degrés de liberté : 2 degrés spin up et 2 degrés spin down. Ici, les termes du temps et de l'espace sont linéaires ; ils sont une sorte de racine carrée de la première et cela grâce aux nouveaux concepts. Alors que l'équation de SCHRÖDINGER agit sur un vecteur d'état à une seule composante : un scalaire, celui de DIRAC agit sur un vecteur à quatre composantes (spinor) et contient des matrices ou tableaux de nombres de quatre lignes et quatre colonnes ayant la propriété de ne pas forcément commuter. Donc, on écrit quatre équations de type SCHRÖDINGER qui ont chacune des termes différents mais qui sont étroitement liées.

Comment DIRAC s'y prend-il ?

1. Il voulait tout simplement éliminer les états négatifs, essentiellement provoqués par les dérivées secondes par rapport au temps, et ce en partant de l'opérateur d'énergie dans l'équation Klein GORDON, en extrayant la racine carrée de l'équation de Klein GORDON,

$$-\frac{\hbar^2 \partial^2 \psi(\vec{r}, t)}{\partial t^2} = -\hbar^2 c^2 \Delta \psi(\vec{r}, t) + m^2 c^4 \psi(\vec{r}, t)$$

Il a intercalé les coefficients des inconnus, non autrement identifiés dans son équation linéaire de telle sorte que, lorsqu'il prenait le carré de son équation linéaire, il retrouve l'équation de Klein GORDON. Son génie lui expliqua très vite que ces coefficients étaient des matrices, car il produisait deux équations linéaires, donc les états quantiques correspondants avaient 4 degrés de liberté. Il eut le mérite de voir que ces matrices étaient liées aux matrices de PAULI déjà connues à l'époque qui décrivaient de manière quelconque et surtout peu empirique le spin.

2. Les transformations de LORENTZ s'avèrent contenir des quantités identifiables au spin :

$$x \rightarrow x' = \frac{x - \frac{v}{c} ct}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} ; ct \rightarrow ct' = \frac{ct - \frac{v}{c} x}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

3. Cherchant des solutions à son équation, DIRAC trouve celles décrivant correctement les électrons et leurs spins, et d'autres solutions se comportant de manière surprenante. Il s'agit de certaines particules ayant des énergies négatives et une charge opposée à celle de l'électron, c'est - à - dire l'antiparticule de l'électron, autrefois appelée anti-électron et plus tard rebaptisée positron. Pour ce qui regarde les énergies négatives, malheureusement même si le spin était expliqué, les équations de DIRAC n'ont pas pu éliminer les énergies négatives. Au contraire, DIRAC les a accréditées en postulant les antiparticules.

4. Néanmoins, on se rend compte que ces insatisfactions persistent. Pour ce faire, il fallait en effet revoir l'équation de la continuité. On assiste à l'apparition de paire d'électrons. C'est pour dire que l'insatisfaction provoque la création de paire d'électrons à partir d'une disparition d'un rayon, près du champ coulombien d'un noyau (atome) lourd. Le constat est que le nombre de corpuscules changeait, ce qui n'était pas le cas en mécanique quantique ou en mécanique classique. D'où, la loi de LAVOISIER sur la quantité de matière tombée.

Il en résulte qu'il fallait changer la conception de la notion même de la particule, c'est-à-dire abandonner cette notion. Cela signifie donc que le corpuscule accompagné d'une onde est une notion caduque. Les exigences de la localisation de phénomènes physiques suggèrent la notion du champ comme base de la formalisation de phénomènes physiques. Abandonner la notion de corpuscule signifie abandonner la notion de fonction d'onde.

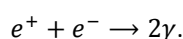
En effet, au lieu de quantifier par l'onde, on quantifie plutôt par le champ, c'est-à-dire la fonction qui se présente dans l'équation de Klein GORDON tout comme la fonction de l'équation de DIRAC. Donc, c'est le champ, au sens du champ d'oscillateurs harmoniques, qui emplit le corps noir lors de la quête de la solution aux divergences du rayonnement de corps noirs.

L'espace est donc hanté par un champ dont le mouvement est décrit par l'équation de Klein GORDON (champ scalaire) ou par l'équation de DIRAC (champ spinoriel) ou encore par les équations de MAXWELL (champ vectoriel).

$$\overrightarrow{\text{rot}} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\overrightarrow{\text{rot}} \vec{B} = \mu_0 \vec{j} \quad \text{div} \vec{B} = 0$$

Les perturbations (emballlements de ces champs) se propagent comme des ondes. Ce sont des paquets d'ondes qu'on appelle particules désormais. Le phénomène dû à l'annihilation matière-antimatière entraînant qu'un électron (e^-) s'annihile avec son antiparticule, le positron (e^+), donne des photons (X) suivant la réaction :



De ce fait, il convient de souligner que l'équation de DIRAC reste valable pour les électrons mais aussi pour toute autre particule de spin $1/2$.

De même, l'électron et le positron, il s'avère que toute particule a une antiparticule ayant la même masse mais de charge et spin opposés. En clair, l'ensemble de toutes les particules forme l'antimatière.

3 RELATIVITE GENERALE ET LA MECANIQUE QUANTIQUE

En relativité générale, il n'y a pas une métrique uniforme. D'où, la primauté accordée à la géométrie. La nécessité s'impose de requantifier les grandeurs géométriques. Il s'agit de la courbure de l'espace dont la quantification va probablement donner la constante cosmologique et dont les développements font l'objet actuel en gravitation quantique. Donc, on tend vers une perspective de l'unification de la gravitation avec les 3 autres forces.

La question du lien entre les deux mécaniques se pose. Car la relativité générale n'a pas le monopole de l'espace et du temps. De même, la mécanique quantique n'a pas le monopole de la quantification. En d'autres termes, il n'y a pas que la gravitation ou l'espace-temps qui peut être quantifié mais aussi, à travers une interaction réciproque, tout phénomène qui est en composition inhomogène avec un autre. De même, il n'y a pas que la mécanique quantique que l'on peut rendre indépendante d'un cadre extérieur, mais, de façon analogue, tout phénomène « échangeable » avec l'espace et le temps [1].

A titre de rappel, la mécanique quantique relativiste a bien rendu compte du spin des particules et l'existence des antiparticules. Mais, il est à souligner qu'elle n'est pas en mesure de décrire que les phénomènes où le nombre des particules ne varie pas.

Pour CHEIKH ANTA DIOP, le théorème de GÖDEL affirme en effet que si un nombre d'axiomes, qui fonde une théorie, est riche de manière à permettre de construire l'arithmétique, il est toujours possible de formuler une proposition non décidable dans cette théorie. Cela veut dire qu'on peut toujours formuler une proposition qui n'est ni vraie ni fausse. L'équivoque ne serait levée que si l'on appliquait une axiomatique différente à la première théorie. Il en résulte que celle-là pourra être associée à une nouvelle proposition qui est non décidable, et cela indéfiniment.

En clair, pour le savant sénégalais, le théorème d'incomplétude de GÖDEL ruine donc les chances du projet hilbertien de construire, à partir d'un nombre fini d'axiomes, une mathématique universelle dans laquelle on aperçoit que toute proposition serait ou vraie ou fausse et qui se passe de la notion de l'infini. Ainsi, on se demande s'il n'est pas possible de prouver la cohérence intrinsèque de la théorie des ensembles. A cela, on ne sait pas si la théorie des ensembles contiendrait une tautologie qui n'est pas encore décelée.

Epistémologiquement parlant, il est question du statut des mathématiques. Aussi, les mathématiques ont – elles une réalité objective qui reflète la structure du réel et même de l'être (divin s'entend). Selon CANTOR, lorsqu'il a découvert les nombres transfinis et a fondé la théorie des ensembles, ou bien les mathématiques reflèteraient simplement l'esprit du mathématicien les créant.

De ce point de vue épistémologique, il se dégage que le premier cas nous montre que le nombre serait l'hypostase de l'être, et, cela plonge dans le plein néo-platonisme. Le second cas ne nous fait pas sortir du cadre néo-positiviste : le caractère arbitraire et la variété des théories axiomatiques ainsi que leur incomplétude interne s'expliqueraient. En effet, celles-ci ne renvoient donc pas à un modèle extrinsèque indépendant, qui impose les contraintes d'ordre méthodologiques inhérentes à l'étude d'une réalité objective.

Toutefois, il y a lieu de souligner que les entiers naturels ne sont pas logiquement déductibles et peuvent être considérés, d'après GÖDEL, comme existant d'eux-mêmes, des étants-là.

4 CONCLUSION

Au-delà d'un problème mathématique, les théorèmes d'incomplétude posent un problème scientifique beaucoup plus général. Ils montrent en effet qu'une théorie scientifique peut expliquer l'ensemble des phénomènes observés et que deux théories radicalement opposées, peuvent coexister et s'appliquer aux mêmes phénomènes naturels. A ce sujet, la coexistence de la mécanique relativiste et de la mécanique quantique en illustre l'exemple le plus frappant.

Il résulte que la mécanique quantique relativiste et les théorèmes d'incomplétude de GÖDEL marquent un nouveau champ épistémologique où mathématique et théorie quantique relativiste concourent aux fins d'imposer des limitations infranchissables à la connaissance scientifique.

REFERENCES

- [1] GUY Bernard : Relier la mécanique quantique et la relativité générale ? Réflexions et propositions, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2013.
- [2] GÖDEL Kurt, "Some Basic Theorems on The Foundations of Mathematics and Their Implications" (1951), Printed in Collected Works/Kurt GÖDEL V. III; edited by Solomon FEFERMAN, Clarendon Press; New York; Oxford University Press, pp.304-323, 1995.
- [3] J. Ladrière : Les limitations internes des formalismes. Etude sur la signification du théorème de Gödel et des théorèmes apparentés dans la théorie des fondements des Mathématiques, Nawelaerts/Gauthier-Villards, Paris/Louvain, 1957.
- [4] W.N. REINHARDT, "Epistemic Theories and The Interpretation of Gödel's Incompleteness Theorems", Journal of Philosophical Logics, 15, pp. 427-471, 1986.
- [5] G. SCHURZ, "Mc call and Raatikainen on Mechanism and incompleteness [S. Mc CALL, On "Seeing" the Truth of the Gödel Sentence; P. RAATIKANIEN, Mc Call's Gödelian Argument is Invalid...], Facta Philos, n°1 (4), pp. 171-174, 2002.

THEOREME DE GODEL

A.-Roger LULA BABOLE¹⁻²

¹Département de Mathématiques et Informatique, Université de Kinshasa, RD Congo

²Faculté de Philosophie, Université Catholique du Congo, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The GÖDEL's theorem is intrinsically a theorem of limitation of the formal systems. The theorem shows that the coherence of PEANO's arithmetic cannot be demonstrated by a simple way. This constitutes an opposite shock in metamathematic design in HILBERT's perspective. Finally, if we want a proof of arithmetic coherence, it is sufficient to approve the arbitrary notions the type of function and function of function, and that next to concrete symbols.

KEYWORDS: incompleteness, undecidability, demonstrability, truth, coherence.

RESUME: Le théorème de GÖDEL est intrinsèquement un théorème de limitation des systèmes formels. En tant que tel, il démontre que la cohérence de l'arithmétique de PEANO ne peut se montrer de façon élémentaire. Celui-ci constitue un contrecoup dans la métamathématique conçue dans la perspective hilbertienne : finitaire. Donc, si l'on veut une démonstration de la cohérence de l'arithmétique, il suffit d'admettre les notions abstraites du type de fonction et fonction de fonction, et cela à côté des symboles concrets.

MOTS-CLEFS: incomplétude, indécidabilité, démontrabilité, vérité, cohérence.

1 EXPOSÉ DE GÖDEL¹

La preuve des théorèmes d'incomplétude de GÖDEL constitue un cas particulier d'une théorie axiomatique, qui repose sur le système formel des *Principia Mathematica* de RUSSELL et WHITEHEAD auquel GÖDEL a ajouté les axiomes de PEANO pour l'arithmétique et a, en outre, précisé que cette preuve reste valable pour un certain nombre de théories mathématiques. Au fond, les avancées en logique doivent permettre d'obtenir une preuve plus générale qui soit valable pour toutes les théories logico-mathématiques.

1.1 ENONCÉ DU THÉORÈME

Le système SFG contient une expression prédicative telle que $\neg G$ et G ne sont des propositions prouvables dans SFG. En d'autres termes, ce théorème peut être formulé comme suit :

Le système SFG contient une proposition fermée G qui est indécidable.

¹ Nous nous inspirons largement de l'exposé de GÖDEL présenté par J. LADRIERE, *Les limitations internes des formalismes*, pp. 130-140.

En clair, la proposition fermée G affirme sa propre indémontrabilité. Dans SFG, la proposition G représente l'énoncé métathéorique :

La proposition G est indémontrable dans SFG [9].

1.2 FONCTION ABRÉGÉE

Elle représente récursivement la substitution d'un chiffre à une autre variable du 1^{er} type dans une proposition donnée. Supposons que A soit une proposition de SFG contenant la variable libre du type x . Et supposons que a soit le ndg de A et sachant que le ndg de x étant 17. Finalement supposer que N_n soit le chiffre représentant, dans SFG, l'entier n . Nous pouvons alors affirmer que le ndg de N_n est $\text{Ngd}(N_n)$. Cela tient à des conventions relatives à l'arithmétisation récursive. De plus, le nombre N_n est toujours plus grand que n .

Illustrons cela par un exemple :

$\text{Ngd}(N_0) = 1, \text{Ngd}(N_1) = 24, \text{Ngd}(N_2) = 42.809.164.217.126.613.999.000$.

Sur ce, il y a lieu de substituer N_n à x dans A , et cela va donner la proposition $[x/N_n] A$. Dans ce cas, on obtient $\text{Sub } a \text{ } 17 \text{ Ngd}(N_n)$, c'est le Ndg de la nouvelle proposition. On voit dès lors être construite la fonction S_{bs} , de manière que cette transformation soit bien décrite. Nous pouvons la définir comme suit :

$\text{Sub } x \ y = \text{Sub } x \ 17 \ \text{Ngd}(N_y)$

Si a est le Ndg d'une proposition de SFG et b , un certain nombre entier, alors on a $S_{bs} \ a \ b = \text{Sub } a \ 17 \ \text{Ngd}(N_b)$.

Puisque la fonction de substitution Sub est récursive, de même sa fonction abrégée S_{bs} l'est également. Nous déduisons qu'elle est représentable dans SFG.

Ce qui nous amène à former $S_{bs} \ a \ a$.

Nous pouvons nous interroger sur la signification que revêt cette fonction, qui apparaît complexe. Par définition, on a :

$\text{Subs } a \ a = \text{Sub } 17 \ \text{Ngd}(N_a)$.

1.3 CONSTRUCTION DE LA PROPOSITION G

La propriété que nous devons prendre en considération est celle qui n'est pas une proposition prouvable.

Nous pouvons dire que GÖDEL a construit la formule $G \ (\forall k) \neg \text{Dem}(k, \text{Sub}(a, 13, a))$ obtenue, en remplaçant à la formule initiale de code n , à la variation y , le numéro 13 dans la relation.

Alors, le nombre de GÖDEL de G n'est autre que $\text{Sub}(a, 13, a) = n$

G a été obtenue en substituant a à y dans la formule portant le nombre de GÖDEL a , et $\text{Sub}(a, 13, a)$ est le nombre de GÖDEL de la formule obtenue en remplaçant a à 13, dans la formule portant le nombre de GÖDEL a , G est l'expression arithmétique de l'assertion métamathématique : « la formule qui porte le nombre de GÖDEL $\text{Sub}(a, 13, a)$ n'est pas prouvable. Ainsi, GÖDEL a fidèlement construit une formule G , qui affirme d'elle-même qu'elle n'est pas prouvable [12].

Supposons que a soit le ndg d'une certaine proposition A de SFG. Dire que cette proposition est prouvable dans SFG, signifie qu'il existe une certaine suite de propositions, de ndgs, telle qu'on ait R_{sa} .

A contrario, une certaine proposition A n'est pas prouvable dans SFG, cela revient à dire qu'il n'y a aucune suite des propositions de SFG, qui forme une dérivation de cette proposition.

Ou encore, cela signifie que, quelle que soit la suite de propositions que l'on prend en compte, cette suite n'a pas la dérivation ou la démonstration de A .

Cet énoncé peut être exprimé arithmétiquement comme suit :

$\neg \forall x \neg R \ x \ a$, qui signifie qu'il n'existe aucun nombre qui soit le ndg d'une suite des propositions qui forment une démonstration de A .

Si c'est le ndg qui est une suite de proposition S_p et a le ndg d'une proposition A , l'énoncé arithmétique $\neg R_{sa}$ veut dire : la suite S_p n'est pas une démonstration de A .

Le prédicat R étant récursif, le prédicat $\hat{x}\hat{y} \ (\neg R \ x \ y)$ l'est également.

Afin d'avoir une proposition appliquant cette propriété à elle-même, et de construire une proposition auto-référentielle, nous employons le même procédé qu'auparavant. Mais, étant donné que nous devons introduire au préalable un quantificateur universel pour aboutir à la proposition attendue, il nous faudra procéder par étapes.

Construisons, comme suit, la forme de l'énoncé métathéorique :

La suite $\text{Ngd}^{-1}(s)$ ne forme pas une démonstration de la proposition de SFG dont le ndg est Sbs aa.

On peut exprimer cet énoncé sous la forme d'un énoncé arithmétique $A : \neg Rs(Sbs aa)$.

Le prédicat $\hat{x}\hat{y} (\neg Rxy)$ est récursif et la fonction Sbs est également récursive. Au regard de ce théorème, l'énoncé A peut donc avoir été pris comme constitué d'un prédicat récursif appliqué aux deux entiers s et a.

Dès lors, il existe, en vertu du lemme de GÖDEL, une expression prédicative Q, de ndg SFG, qui contient deux variables libres x et y telle que :

$$1) \quad \neg Rs(Sbs a a) \rightarrow \text{Dem} [Subp\ 17\ 19\ Ngd(N_s)Ngd(N_a)](*)$$

et

$$2) \quad Rs(Sbs a a) \rightarrow \text{Dem} [NegSubp\ 17\ 19\ Ngd(N_s)Ngd(N_a)] (**)$$

Dans ces énoncés métathéoriques, 17 et 19 sont les ndg respectivement des variables libres x et y. $\text{Ngd}(N_s)$ et $\text{Ngd}(N_a)$ sont les ndg des chiffres correspondant respectivement aux nombres entiers s et a.

Ce qui donne en effet :

Si l'énoncé A est vrai, alors la proposition fermée V (de SFG), obtenue en remplaçant dans Q, les variables libres x et y, respectivement par les chiffres N_s et N_a , est prouvable dans SFG, et si l'énoncé A n'est pas vrai, alors cette proposition fermée V est réfutable dans SFG.

L'expression prédicative Q contient deux variables libres x et y. Elle s'écrit comme suit :

$$Q(x,y).$$

La variable x peut être liée au quantificateur universel au nom de la variable en question. Ainsi, on a une expression prédicative L suivante :

$$(\forall x) Q(x,y)$$

Soit q le ndg de cette expression.

D'une part, la quantification pratiquée sur $Q(x,y)$ est récursivement représentable. Alors on a :

$$Q = \text{Unv}\ 17p$$

Notons qu'en effectuant la même opération sur la seconde variable représentative de $Q(x,y)$, suite à une substitution remplaçant y par le chiffre de p qui correspond au nombre entier q, on a donc une expression prédicative W :

$$Q(x, N_q).$$

Soit r le ndg de cette expression.

Donc la substitution effectuée sur $Q(x,y)$ est une opération récursivement représentable. D'où on obtient :

$$r = b\ \text{sub}\ p19\ Ngd(N_q).$$

L'expression prédicative W contient encore une variable libre qui peut être liée à un quantificateur universel.

Ainsi, on a une proposition fermée G :

$$\forall(x) Q(x, N_q)$$

Soit i le ndg de G

Alors on obtient

$$i = \text{Unv}\ 17\ r.$$

1.4 PREUVE DE L'INDECIDABILITE DE G

“Mais ce que nous appelons ici savoir c'est connaître par le moyen de la démonstration” [1].

A vrai dire, le théorème de GÖDEL est un métathéorème. Cela signifie qu'il est un théorème qui décrit une propriété particulière, à savoir l'incomplétude d'une théorie, l'arithmétique de PEANO².

Sa preuve exige qu'on se place dans une métathéorie, ce qui veut dire qu'il faut accepter les axiomes se trouvant aussi être, dans ce cas, l'arithmétique de PEANO. Au fond, un système formel beaucoup plus faible suffit dans la représentation de l'arithmétique de PEANO. En présentant des propositions indécidables à l'intérieur d'un système formel du genre des *Principia Mathematica*, on se rend compte que le phénomène d'incomplétude montre qu'il y a des énoncés reconnus comme étant valides à l'extérieur du système formel qui, par suite, seront formalisés par des formules indécidables.

G est prouvable si et seulement ($\neg G$) est prouvable.

Cette expression signifie en d'autres termes que G n'est pas formellement prouvable. Nous pensons que cela consiste à prouver que : si G est prouvable, alors soit ($\neg G$), cela signifie que $\neg(\forall x) \neg \text{Dem}(x, \text{Sub}(a, 13, a))$ l'est également et ce de manière réciproque.

Au fond, nous estimons que ce n'est pas cette réciproque qu'établit effectivement GÖDEL.

A ce sujet, Barkley ROSSER estime que, pour la partie indirecte, le raisonnement en question est le suivant : si G est prouvable, alors il existe dans ce cas, une suite de formules à l'intérieur de l'arithmétique qui est une preuve de G.

Supposons que k soit le nombre de GÖDEL de cette preuve. Nous déduisons que le prédicat $\text{Dem}(x, z)$ vaut entre k et $\text{Sub}(a, 13, a)$. Cela signifie en quelque sorte que $\text{Dem}(k, \text{Sub}(a, 13, a))$ est donc une formule arithmétique vraie. Ce qui fait penser que ce prédicat arithmétique est tel que s'il vaut entre une certaine formule paire de nombre S, alors nous déduisons immédiatement que la formule qui exprime ce fait est prouvable.

Quant à la formule $\text{Dem}(k, \text{Sub}(a, 13, a))$, nous pensons qu'elle est non seulement vraie, mais elle est également prouvable. En clair, elle est donc un théorème. Nous sommes arrivés à l'idée de penser que les règles de transformation de quantificateur qu'il soit universel ou qu'il soit existentiel, permettent de dériver le théorème ayant la formule : $\neg(\forall x) \neg \text{Dem}(x, \text{Sub}(a, 13, a))$, cela s'explique par le fait que la formule du théorème équivaut à $\exists x \text{Dem}(x, \text{Sub}(a, 13, a))$. Ainsi, il est prouvé que si G est prouvable sa négation formelle l'est également.

Nous déduisons de cette démonstration ce qui suit :

- Si G est prouvable, sa négation formelle l'est également, sinon la théorie formalisée de l'arithmétique n'est pas consistante ;
- Si, au cas contraire, la théorie formalisée de l'arithmétique est consistante, alors dans ces conditions, la formule G n'est pas prouvable. Ce qui revient donc à dire que la formule G est indécidable [12].

Etablissons à présent le caractère *indécidable* de G. La preuve de la proposition indécidable comporte deux parties :

1. G est indémontrable

En effet, si G est prouvable, c'est-à-dire qu'il existe une certaine suite de propositions de SFG de ndg s, qui est une preuve de G. La condition posée peut être énoncée arithmétiquement comme suit : Rsi

Alors, en conformité avec l'énoncé..., on pourrait avoir :

$\text{Dem} [\text{NegSubr } 17 \text{ Ngd}(N_s)]$

Cela veut donc dire que la proposition dont le ndg est

$\text{Dem} [\text{Neg Sub } r \text{ } 17 \text{ Ngd}(N_s)]$, et est prouvable dans SFG.

² Les métathéorèmes sont des théorèmes qui appartiennent à une métalangue et qui portent sur les propriétés logiques d'une langue-objet.

Supposons cependant que G soit prouvable, $Q((N_s), (N_q))$ l'est aussi.

On utilise le 1^{er} schéma pour le quantificateur universel pour obtenir en effet :

$$(x) Q((N_s), (N_q)) \rightarrow Q(N_s), (N_q)$$

Conformément à la règle de la conséquence, si G est démontrable, c'est-à-dire $(x) Q(x, N_q)$ est prouvable et $Q(N_s, N_q)$ l'est aussi. La proposition $Q(N_s, N_q)$ est obtenue en substituant, dans l'expression prédictive W, le chiffre N_s à la variable x.

Son ndg est donc : $Sub\ r\ 17\ Ngd\ (N_s)$

On a:

$$Ngd^{-1}[NegSubr\ 17\ Ngd\ (N_s)] \leftrightarrow \neg Ngd^{-1}[Subr\ 17\ Ngd\ (N_s)]$$

Donc on déduit à la fois dans SFG

$$Ngd^{-1}[Sub\ r\ 17\ Ngd\ (N_s)] \text{ ou } Q(N_s), (N_q)$$

$$\text{et } \neg Ngd^{-1}[Sub\ r\ 17\ Ngd\ (N_s)] \text{ ou } \neg Q(N_s), (N_q)$$

Etant donné que SFG est cohérent, le résultat trouvé est donc impossible.

D'où nous affirmons que l'hypothèse ainsi émise est fausse et G est donc irréfutable.

2. G est démontrable, pour dire que $\neg G$ est indémontrable.

Si en effet $\neg G$ est prouvable.

Dire que $\neg G$ est prouvable, cela signifie que $\neg (x) Q(x, N_q)$ est prouvable.

D'autre part, conformément à la première partie, la preuve G est non prouvable. Autrement dit, il n'existe aucune suite des propositions de SFG qui forme une preuve de G. Cela peut être exprimé au moyen de l'énoncé arithmétique : $\forall x \neg R\ x\ i$

Donc nous obtenons quel que soit n : $\neg R\ m\ i$

En vertu de l'énoncé... nous avons alors également, quel que soit n : $Dem\ [Sub\ r\ 17\ Ngd\ (N_n)]$ est prouvable dans SFG.

Pourtant cette proposition est la proposition fermée obtenue, en remplaçant dans Q, la variable x par le chiffre N_n , autrement dit : $Q(N_s, N_q)$.

W est une expression prédictive qui contient une variable.

Nous pensons que cela nous conduit à affirmer à la fois :

a) Quel que soit l'entier $\underline{n}$, la proposition fermée

$$Q(N_n, N_q), \text{ ou } W(N_n) \text{ est prouvable dans SFG.}$$

b) Proposition fermée $\neg (x) Q(x, N_q)$ ou $\neg (x) W(x)$ est prouvable dans SFG.

Puisque SFG est ω -cohérent, le résultat trouvé est intrinsèquement impossible. D'où nous affirmons que l'hypothèse ainsi émise est fausse et $\neg G$ n'est pas prouvable.

Il en résulte que G est effectivement une proposition indécidable ayant la forme $(x) W(x)$ où W est une expression prédictive à une variable. (W est la proposition $Q(x, N_q)$ contenant x comme seule variable libre).

G est donc une formule arithmétique vraie.

Nous affirmons ici que tout nombre naturel a une certaine propriété arithmétique bien déterminée. Elle est exactement définissable en procédant de façon directe par un raisonnement métamathématique. On obtient ce qui suit :

- L'arithmétique est une théorie consistante ou une théorie formelle consistante. Ce qui veut dire que l'on peut y prouver que l'assertion selon laquelle « la formule $(\neg x) \neg Dem(x, Sub(a, 13, a))$ n'est pas prouvable », est donc vraie.

Ainsi, l'assertion est telle qu'elle se représente à l'intérieur du codage par la formule qu'elle a eu à citer. Il est donc évident que les assertions métamathématiques sont codées de telle manière que nous puissions affirmer qu'aux assertions

métamathématiques vraies, correspondent des formules arithmétiques vraies. Donc, une corrélation s'établit par la biunivocité partant du codage.

Dès lors, il est permis de déduire que la formule G, correspondant à une assertion métamathématique vraie, doit donc être aussi vraie.

1.5 SIGNIFICATION DE LA PROPOSITION G ET REMARQUES

La proposition G affirme sa propre *indémontrabilité*.

Dès lors effet, nous pouvons récapituler les différentes étapes relatives à la construction de la proposition G.

L'expression prédicative $Q(x,y)$ représente, dans SFG, l'énoncé métathéorique.

$\neg Rx(Sbsxy)$

L'expression prédicative L veut dire : $(x)Q(x,y)$, représente, dans SFG, l'énoncé métathéorique.

$\forall x \neg Rx(Sbsyy)$

Qui veut dire : il n'existe pas de preuve de la proposition dont le ndg est (Sbsyy), (ou encore, il n'existe pas de preuve de la proposition $Ngd^{-1}(Sbsyy)$).

L'expression prédicative ω signifiant $Q(x, Nq)$ représente, dans SFG, l'énoncé métathéorique $\neg Rx(Sbsqq)$

Voulant dire que la suite des propositions $Ngd^{-1}(x)$ n'est pas une démonstration de la proposition $Ngd^{-1}(Sbsqq)$.

Finalement, la proposition fermée G, c'est-à-dire $(x)Q(x,Nq)$, qui représente, dans SFG, l'énoncé métathéorique.

$(\forall x \neg R(Sbsqq))$

Or, le ndg de G est en effet Sbsqq.

Et Sbsqq est le ndg de la proposition obtenue en remplaçant, dans la proposition $Ngd^{-1}(q)$ (qui est supposée contenir la variable libre x), la variable x par le chiffre correspondant dans SFG du nombre entier q.

La proposition $Ngd^{-1}(q)$, c'est L, et L contient la variable libre y, dont le ndg est 19.

En substituant Nq à y dans L, on a la proposition fermée

$(x)Q(x,y)$, autrement dit, on a la proposition G.

De manière directe, il y a lieu de prouver que

$Sbsqq = i$

En effet, on a défini Sbs par :

$Sbsqq = Sub\ q\ 19\ Ngd\ (Nq)$

Or $q = Unv17p$

Il en résulte que

$Sbsqq = Sub\ (Unv17p)\ 19Ngd\ (Nq)$

Etant donné que les symboles Sub et Unv ne portent pas sur les mêmes variables, nous pouvons ainsi les échanger sans difficulté. Soit une proposition A qui contient les variables libres $x_1, x_2, \dots, x_n$. Et soit a le ndg de A et $u_1, u_2, \dots, u_n$ les ndg des variables $x_1, x_2, \dots, x_n$.

Construisons, ci-dessous, la proposition $\forall x \forall x a$:

Son ndg est $Unv\ u_1 a$.

Elle contient encore les variables libres $x_2, \dots, x_n$ et elle s'écrit : $\forall x a(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

En substituant aux variables $x_2 \dots x_n$, les expressions $u_2 \dots u_n$ dont les ndg sont $e_2 \dots e_n$. On a une proposition dont le ndg est $Sub\ (unvu_1 - a)\ u_2 \dots u_n\ e_2 \dots e_n$.

Elle s'écrit : $\forall x a(x, u_2 \dots u_n)$. La même proposition peut être obtenue d'une autre manière.

D'abord, on substitue les expressions $u_2 \dots u_n$ aux variables $x_2 \dots x_n$.

En effet, on a une proposition dont le ndg est fourni par Sub a $u_2 \dots u_n e_2 \dots e_n$.

Elle s'écrit comme suit : $a(x, u_2 \dots u_n)$. On peut lier à présent la variable x au quantificateur universel. Ainsi, on a la proposition : $\forall x a(x, u_2 \dots u_n)$.

Son ndg est donné par

$Unv_{u1}(\text{Sub } a \ u_2, \dots u_n e_2 \dots e_n)$

On obtient donc :

$\text{Sub}(Unv_{u1} a) \ u_2 \dots u_n \dots e_n^n = \text{Sub}(a \ u_2, \dots u_n e_2 \dots e_n)$

Lorsque nous appliquons cette propriété, on trouve en effet :

$Sbssq = Unv_{17}(\text{Sub } p \ 19 \ Ngd(Nq))$

$= Unv \ 17r$

$= i$

Donc Sbsq est effectivement le ndg de la proposition G. Cela veut dire qu'il n'existe pas de démonstration, dans SFG, de la proposition G. Nous avons ainsi établi la signification de G et nous affirmons donc que G est une proposition de SFG.

De ce qui précède, il est à remarquer

$\text{Sub } p \ 1719 \ Ngd(N_i) \ Ngd(N_a) = \text{Sub } r \ 17 \ Ngd(N_s)$.

Il en résulte que les énoncés...(*) et (**) deviennent respectivement :

(1) $\neg Rsi \rightarrow \text{Dem}[\text{Sub } r \ 17 \ Ngd(N_s)] \ (***)$

(2) $Rsi \rightarrow \text{Dem}[\text{Neg Sub } r \ 17 \ Ngd(N_s)] \ (****)$

Aussi, peut-on retenir que $[\text{Sub } r \ 17 \ Ngd(N_s)]$ est le ndg de la proposition fermée $Q(N_s, N_q)$. Dans SFG, elle représente l'énoncé métathéorique $\neg Rs(Sbsq)$ qui veut dire que la suite des propositions $Ngd^{-1}(s)$ n'est pas une démonstration de la proposition fermée $Ngd^{-1}(Sbsq)$. Cela signifie qu'elle ne prouve pas la proposition fermée $Ngd^{-1}(s)$, c'est-à-dire la proposition G.

L'énoncé 1 (***) veut donc dire :

Si une suite des propositions $Ngd^{-1}(s)$ n'est pas une démonstration de la proposition G, alors la proposition (1) représentant dans SFG l'énoncé *la suite $Ngd^{-1}(s)$ n'est pas une démonstration de G*, est prouvable dans SFG.

Et l'énoncé 2 (****) signifie donc :

Si une suite des propositions $Ngd^{-1}(s)$ est une démonstration de la proposition G, alors la proposition représentant dans SFG l'énoncé *la suite $Ngd^{-1}(s)$ est une démonstration de G*, est non prouvable dans SFG.

Etant vrai et indécidable, le système formel qui en découle est nécessairement incomplet. Donc, ce système formel contient au moins un théorème non prouvable.

GÖDEL cherche si un système formel plus riche, découlant du système formel actuel par ajout d'axiomes, qui permet à prouver la proposition indécidable précédente serait, lui aussi, complet. Ainsi, dans ce nouveau système formel, on aurait une autre proposition G' , qui serait indécidable.

Le théorème d'indécidabilité de GÖDEL a ouvert une brèche au cœur même de la formalisation et du point de vue logique. Ce théorème montre que l'idéal du rationnel d'une théorie absolument prouvable est logiquement impossible. Cela débouche sur l'idée que la preuve de la consistance du système formel, peut se faire éventuellement en ayant recours à un méta système qui comporte des procédés de preuve qui sont extérieurs au système.

Avec TARSKI, nous disons que « Toutes les propositions construites selon la méthode de GÖDEL, ont une propriété telle qu'on peut, sur le terrain de la méta-science d'un ordre supérieur, à condition qu'elle possède une définition correcte de la vérité, constater si elles sont vraies ou fausses et trouver ainsi par rapport à ces propositions une décision » [10].

En clair, on peut dépasser ou même transcender une incertitude ou une contradiction, lorsqu'on forme un méta-système. Cela signifie que le méta-système est appelé à embrasser en son sein, le système ou la théorie mais il doit au même moment,

ou en plus être doté de plus de potentialités ou de variables d'ordre supérieur ; il doit donc inclure en lui les termes et une problématique logique offrant, du point de vue logique, la définition de la vérité pour le système ou théorie-objet ainsi considéré.

Devant la richesse d'un système formel qui comprend au moins l'addition et la multiplication des nombres naturels, ainsi que les règles de déduction et de syntaxes moins contraignantes du système de départ, on aura évidemment toujours au moins une proposition indécidable. Donc, le système formel sera toujours incomplet [2].

Etablissant la relation entre complétude et arrêt d'un programme, TURING a prouvé, en 1936, son théorème, qui s'énonce en ces termes :

« Il n'existe pas d'algorithme général permettant, au vu du texte d'un programme quelconque, de savoir s'il s'arrête ou s'il calcule indéfiniment sans jamais s'arrêter » [10].

Généralement, le théorème de TURING prouve que pour savoir si un programme s'arrête et donc fournit son résultat, on doit impérativement l'exécuter et, si cette exécution dure plus que le temps à admettre, s'il n'est pas possible de savoir s'il s'arrête, il n'est pas possible non plus de connaître son résultat.

On le sait, un programme est une suite d'instructions écrites en langage informatique, dont l'ensemble des instructions et règles de calcul est donc un système formel. Réciproquement, on notera que tout système axiomatique peut être traduit en un programme à partir duquel, il sera possible avec un ordinateur de déduire, de manière automatique, tous les théorèmes éventuels et ce, par combinaison d'un nombre croissant de déductions. Donc l'exécution d'un programme est une suite de propositions syntaxiquement correctes de ce système axiomatique, et cette exécution est une preuve de son résultat.

Si ce résultat est obtenu en un nombre fini d'étapes, c'est-à-dire d'instructions exécutées et cela en un temps fini, le programme s'arrête.

Par définition, dans un système axiomatique complet, toute proposition est décidable en un nombre fini d'étapes, d'après lesquelles il est possible de déterminer si elle est vraie ou fausse. Du fait que le théorème de TURING montre qu'on n'est pas, au vu d'une proposition ou du raisonnement programmé qui y conduit, en mesure de déterminer un algorithme général, si ce programme s'arrête. Donc on a des propositions pour lesquelles on n'a pas d'algorithme qui s'arrête, et qui sont dans ce cas indécidables. Cela amène à affirmer que le théorème de TURING entraîne donc l'incomplétude de GÖDEL [10].

INCOMPLÉTUDE DE L'ARITHMÉTIQUE

A propos de l'incomplétude de l'arithmétique formelle, une croyance largement répandue à l'époque, voulait que les propriétés vraies soient prouvables. Le théorème de GÖDEL est catégorique. Cela veut dire qu'il existe des propositions indécidables ; ce qui laisse entendre que la prouvabilité formelle n'épuise pas le concept de vérité logico-mathématique. Donc, le programme hilbertien d'une preuve de cohérence pour les axiomes de l'arithmétique est réfuté.

Rappelons que les axiomes d'un système déductif sont complets, si et seulement si, on se rend compte que toute assertion vraie, qui s'exprime dans ce système, est formellement déductible à partir des axiomes ; sinon on affirmerait que le système d'axiomes en question est incomplet.

Pourtant nous savons que GÖDEL a construit une assertion métamathématique vraie à laquelle est associée une formule arithmétique. Disons que ni cette assertion ni celle qui correspond à la négation de cette assertion ne soit prouvable à l'intérieur de son système de codage. Cela signifie clairement que GÖDEL a construit une proposition à la fois vraie et indémontrable, donc indécidable.

La raison fondamentale à évoquer est que la formule G œuvre sans qu'elle soit déductible.

Alors que les axiomes de l'arithmétique, supposés consistants, sont donc incomplets ; d'où il n'est pas possible de déduire de ces axiomes toutes les vérités arithmétiques. En ce sens que ces axiomes sont essentiellement incomplets ou l'arithmétique est essentiellement incomplète. Même si nous admettons les axiomes supplémentaires qui permettent de dériver G ou de l'exclure comme axiome supplémentaire, il serait à ce niveau possible de construire une autre formule, vraie et indécidable, et suivant le même procédé.

Dans la théorie formalisée de l'arithmétique, la prouvabilité de : « si l'arithmétique est consistante, alors elle est incomplète » indique, avons-nous dit, de manière analogue que, GÖDEL construit une formule arithmétique A, qui représente l'assertion métamathématique : « arithmétique est consistante ».

Il prouve

- 1) Que la formule "A→G" est prouvable
- 2) Que A n'est pas démontrable.

La consistance de l'arithmétique ne peut être établie par un raisonnement susceptible d'être représenté dans la théorie formalisée de l'arithmétique.

Il est à remarquer que ce résultat de GÖDEL n'exclut pas la possibilité d'une démonstration métamathématique de la consistance de l'arithmétique. Ce qui exclut, la possibilité de le faire dans un système formel [12].

2 THEOREME DE GÖDEL ET INTERPRETATIONS

Etant donné que les fonctions et prédicats dans SFG sont représentables, les formules suivantes $D(x_1, x_2)$ et $Dem_s(x_1, x_2)$ les représentent formellement.

2.1 D'APRÈS MENDELSON (NEIL KENNEDY) [3]

• Le premier théorème d'incomplétude

En 1934, CARNAP a fait remarquer dans « la syntaxe logique du langage » qu'un des ingrédients essentiels à la preuve des théorèmes de GÖDEL était l'idée de point fixe ou de diagonalisation³. Cette notion a la forme du théorème suivant :

• Théorème du point fixe

Pour toute formule $A(x_1)$ de SFG d'une seule variable libre x_1 , il existe une formule close β telle que :

$$\vdash_s \beta \Rightarrow A(\ulcorner \beta \urcorner)$$

Où $\ulcorner \beta \urcorner$ signifie $\overline{\Gamma(\beta)}$, ce symbole représente le nombre de GÖDEL de β .

D'abord, on définit la formule comme $\forall x_2 (D(x_1, x_2) \rightarrow A(x_2))$ où $D(x_1, x_2)$ est la formule représentant la fonction récursive $\delta(x)$.

Ensuite, on pose $\forall x_2 (D(\ulcorner \beta \urcorner, x_2) \rightarrow A(x_2))$.

D'une manière intuitive, on voit que β se présente comme $\neg A(\delta(\alpha))$ où $\alpha = \Gamma(A(x_1))$.

Appliqué à la formule $\forall x_2 \neg Dem_s(x_1, x_2)$, on voit clairement que le premier théorème d'incomplétude est le résultat de l'application du théorème du point fixe.

□ PREMIER THEOREME D'INCOMPLETUE

Si SFG est ω -cohérente alors $\not\vdash_s \mathcal{G}$ et $\not\vdash_s \neg \mathcal{G}$.

Preuve : D'abord supposons que $\vdash_s \mathcal{G}$. Donc, on a un nombre n tel que $Dem_s(n, g)$ où $g = \Gamma(\mathcal{G})$.

Etant donné que $Dem_s(x, y)$ est représentable, on obtient $Dem_s(\bar{n}, \bar{g})$, ce qui signifie $\vdash_s Dem_s(\bar{n}, \Gamma_{\mathcal{G}}^{\pi})$. Etant donné également que $\mathcal{G}$ est le point fixe de $\forall x_2 \neg Dem_s(x_2, x_1)$, on a que $\vdash_s \mathcal{G}$ entraîne $\neg \forall x_2 \vdash_s Dem_s(x_2, \ulcorner \mathcal{G} \urcorner)$. Mais ici, on obtient $Dem_s(\bar{n}, \bar{g})$ aussi, contredisant la ω -cohérence de S . Finalement, on obtient $\neg \mathcal{G} \vdash_s$.

Ensuite, supposons que $\neg \mathcal{G}$. Pour la première partie de cette démonstration, on a que $\neg Dem_s(n, g)$ pour tout n . Etant donné que $Dem_s(x, y)$ est représentable, on obtient $\neg Dem_s(n, g)$ pour tout n . Etant donné que $Dem_s(x, y)$ est représentable, on a que $\neg Dem_s(n, g)$ pour tout n . Mais de $\forall x_2 \neg Dem_s(x_2, \bar{y})$, ce qui contredit alors l' ω -cohérence de S^n et finalement $\neg \mathcal{G}$.

³Du point de vue de la formalisation, J.-Y. GIRARD ramène l'argument diagonal à la recherche d'un point fixe. Souvent, cet argument est utilisé avec un raisonnement par l'absurde. De même, il est utilisé « positivement » aux fins d'établir une preuve constructiviste.

Comme on le sait, ROSSER a généralisé les hypothèses de ce théorème réduisant l' ω -cohérence à la cohérence seule pour obtenir le résultat tant généralisé.

□ THEOREME DE GÖDEL – ROSSER

Si SFG est cohérente, alors il existe une formule close $\mathfrak{R}$ telle que $\mathfrak{R}$. La formule $\mathfrak{R}$ s'obtient par l'application du théorème du point fixe à une certaine formule. Pour la définir, il faut d'abord se rappeler que la fonction $\text{Neg}(x)$ – comprise comme valeur le nombre de GÖDEL de la négation de l'expression dont le nombre de GÖDEL est x – est récursive.

De ce fait, il existe une formule $\text{Neg}(x_1, x_2)$ de SFG qui est sa représentation. La formule est donc

$$\forall x_2 (\text{Dem}_s(x_2, x_1) \rightarrow \forall x_3 (\text{Neg}(x_1, x_2) \rightarrow \exists x_4 (x_4 \leq x_2 \wedge \text{Dem}_s(x_4, x_3))))$$

A la suite de NEIL KENNEDY [13], on peut généraliser certaines données. Soit SFG une théorie avec égalité qui possède les mêmes symboles que SFG. Si la fonction $\delta(x)$ est représentable dans SFG, alors le théorème du point fixe est valide pour SFG. De plus, si :

1. $\text{Dem}_K(x, y)$ est un prédicat récursif ;
2. $\vdash_K 0 \neq 1$;
3. Et toute fonction récursive est représentable dans SFG, alors le premier théorème d'incomplétude tient également pour SFG.

Pour prouver la version généralisée de ROSSER, il faut exiger en plus que, pour tout K.

$$\vdash_K x_1 \leq \bar{n} \Rightarrow (0 \vee x_1 \bar{1} \vee \dots x_1 = \bar{n}) \text{ et } \vdash_K x_1 \leq \bar{n} \vee \bar{n} \leq x_1$$

Le premier théorème d'incomplétude étant démontré par l'arithmétique, il nous revient donc de constater que ce système est un exemple de systèmes incomplets axiomatisables par un nombre fini d'axiomes et cela à l'opposé de SFG qui, à cause de l'axiome d'induction, a un nombre infini d'axiomes. D'où, on peut prouver le théorème d'incomplétude dans toute extension récursivement axiomatisable de PA^- , en d'autres termes, une extension de PA^- .

D'où, il y a lieu d'utiliser l'arithmétique qui possède l'axiome d'induction. En effet, l'arithmétique de PRESBURG est l'arithmétique additive. Elle s'obtient de PA quand on supprime les axiomes (Ax7), (Ax8) et le symbole de fonction « . ».

□ LE DEUXIEME THEOREME DE GÖDEL

Comme on le sait, une théorie SFG est cohérente si, pour toute formule A de SFG, on n'a pas A et $\vdash_K \neg A$. Autrement dit $\vdash_K \forall_K A$ et $\forall_K \neg A$.

En réduisant cette condition, il ressort que toutes les formules de K sont prouvables dès qu'une seule formule et sa négation le sont. Certes, si A est la seule formule qui est, telle que A et $\vdash_K \neg A$, alors étant donné que $\vdash_K \neg A \rightarrow (A \rightarrow B)$. On en déduit que $\vdash_K \vdash_K B$ et ce, qu'elle soit la formule B. La condition de cohérence de SFG est donc réduite à « non A ou non $\neg A$ » pour une des formules A.

En considérant la formule $\vdash_K \neg 0 = 1$, étant donné qu'on n'a eu que $\vdash_K 0 \neq 1$, la cohérence de SFG est réduite à $\vdash_K 0 = 1$ suivant des moyens arithmétiques. En arithmétisant alors la métamathématique, le problème est formulé de la manière suivante :

Preuve: $\forall x_1 \neg \text{Dem}_s(x_1, \lceil 0 \rceil)$ dans SFG signifie arriver à démontrer $\vdash_K \forall x_1 \neg \text{Dem}_s(x_1, \lceil 0 \rceil)$. Pour le second théorème, il est donc impossible que $\forall x_1 \neg \text{Dem}_s(x_1, \lceil 0 = 1 \rceil)$ est non prouvable ou S indécidable dans SFG, désigné par Cohs, la formule $\forall x_1 \neg \text{Dem}_s(x_1, \lceil 0 \rceil)$.

La preuve de ce théorème nous oblige d'abord à faire un détour par les propriétés générales d'un prédicat de prouvabilité. Soit $\text{Pr}(x_1)$ la formule $\exists x_2 \text{Dem}_s(x_2, x_1)$. Prouvons que le prédicat $\text{Pr}(x_1)$ satisfait les conditions de dérivabilité de HILBERT-BERNAYS.

$$(HB1) \text{ Si } A \vdash_K \text{ alors } \vdash_K \text{Pr}(\lceil A \rceil);$$

$$(HB2) \vdash_K \text{Pr}(\lceil A \rightarrow B \rceil) \rightarrow (\text{Pr}(\lceil A \rceil) \rightarrow \text{Pr}(\lceil B \rceil));$$

$$(HB3) \vdash_K \text{Pr}(\lceil A \rceil) \rightarrow \text{Pr}(\lceil \text{Pr}(\lceil A \rceil) \rceil).$$

La preuve du second théorème d'incomplétude est rendue facilement traitable par l'utilisation de ces propriétés. Pour y arriver, il importe de prouver au préalable le théorème de LÖB.

Le théorème de LÖB permet de répondre à une question concernant le point fixe de $\text{Pr}(x_1)$. Si H est un point fixe de $\text{Pr}(x_1)$, H est alors prouvable quand H affirme sa propre prouvabilité. A la question "Est-il prouvable ?". LÖB répond par l'affirmative, en précisant ce qui suit :

THEOREME DE LÖB

Si H est une formule close telle que $\vdash \text{Pr}(\ulcorner H \urcorner) \rightarrow H$ alors $\vdash H$.

DEUXIEME THEOREME D'INCOMPLETUE

Si S est cohérente, alors $\vdash \text{Coh}_S$.

PREUVE

Déjà, on a obtenu $\vdash 0 \neq 1$. Par la cohérence de S , on a que $\forall 0 \neq 1$. Par le théorème, on sait que $\vdash \text{Pr}(0=1) \Rightarrow 0=1$ entraîne $\vdash 0=1$; donc $\vdash \text{Pr}(0=1) \Rightarrow 0=1$.

Si $\vdash \neg \text{Pr}(0=1)$, par le fait que $\vdash \neg \text{Pr}(0=1) \Rightarrow (\text{Pr}(0=1) \Rightarrow 0=1)$ (une instance de tautologie), on obtiendrait $\vdash 0=1$; donc $\vdash \neg \text{Pr}(0=1)$ aussi. Mais $\neg \text{Pr}(0=1)$ est certes coh. On obtient ainsi $\vdash \text{Coh}_S$.

Donc, la formule Coh_S est indécidable dans SFG.

2.2 D'APRÈS J.-YVES GIRARD [11]

LE PREMIER THEOREME

La démontrabilité dans SFG est l'énoncé expansif par excellence : « il existe une preuve de ... dans SFG ».

A l'opposé, la non-prouvabilité et particulièrement la cohérence de SFG sont récessives. On le sait, la cohérence est le fait que l'absurdité (ou encore $0 \neq 0$) n'est pas prouvable dans SFG.

L'énoncé de GÖDEL G s'obtient par une technique de diagonalisation. En effet, cela veut dire simplement : « je ne suis pas prouvable dans SFG ». Il est donc un énoncé récessif. Si G était prouvable dans SFG, alors G serait faux et sa négation $\neg G$, expansive et vraie, serait prouvable dans SFG. SFG démontrant G et $\neg G$ serait donc contradictoire.

THEOREME 1 (PREMIER THEOREME D'INCOMPLETUE)

Si SFG est « suffisamment expressive » et cohérente, alors il y a un énoncé G , qui est vrai, mais pas prouvable dans SFG.

Dans ce contexte, on parle d'un énoncé indécidable (ni prouvable, ni réfutable) dans SFG, aux fins d'éviter la mention relative à la notion épistémologiquement suspecte de vérité.

La version originale de GÖDEL (énoncé indécidable) est formalisée avec une hypothèse sur SFG plus forte que la simple cohérence fournie par la variante de ROSSER (1936). Cela signifie que la variante de G de ROSSER n'est ni prouvable, ni réfutable. Mais il s'agit de la généralisation de la notion de cohérence.

LE SECOND THEOREME

Le premier théorème d'incomplétude montre rigoureusement que si SFG est cohérente, alors G n'est pas prouvable dans SFG, et cela dans le formalisme de l'arithmétique de ROBINSON. SFG prouve en effet formellement que la cohérence de SFG notée $\text{Coh}(\text{SFG})$, implique la non-prouvabilité de G , c'est-à-dire G .

Cela signifie que SFG prouve l'implication logique $\text{Coh}(\text{SFG}) \rightarrow G$; ne démontrant pas G , il ne prouve pas $\text{Coh}(\text{SFG})$.

THEOREME 2 (SECOND THEOREME D'INCOMPLETUE)

Si SFG est « suffisamment expressive » et cohérente, alors SFG ne prouve pas sa propre cohérence.

Quelques remarques s'imposent pour la compréhension de ce théorème :

i. L'idée du « suffisamment expressif » ne signifie pas la même chose dans les deux théorèmes.

Pour le premier théorème, cette idée a très peu de pouvoir expressif dans SFG. Elle sert à pouvoir décalquer un calcul pas à pas.

Pour le second théorème, par contre, l'idée en question a beaucoup plus de pouvoir expressif. Ici, il est possible de produire les raisonnements (très simples) du théorème 1. Au fond, SFG doit permettre des raisonnements par induction sur des énoncés de structure assez simple. C'est l'arithmétique de PEANO qui sert de base théorique pour le second théorème d'incomplétude.

ii. Le second théorème est moins profond que le premier. En clair, ce théorème taille certes rasibus le programme HILBERT. On doit reconnaître que le premier théorème est aussi radical, et d'ailleurs, il est de portée plus générale.

2.3 D'APRÈS DECONINCK MATTHIEU

Le premier théorème d'incomplétude s'énonce comme suit :

□ THEOREME G1

Si SFG est ω -cohérent, il existe un prédicat récursif $R(x_1)$ dans SFG d'une variable libre x et de ndg r telle:

$\neg \text{Dem}_K(\text{Gén}(17, r))$ et $\neg \text{Dem}_K(\text{Neg}(\text{Gen}(17, r)))$ alors $\text{Gen}(17, r))$ est indécidable.

□ PREUVE

L'idée de la preuve consiste à l'aide du théorème du sens, d'exhiber un prédicat récursif $R(x_1)$ qui dira, par un processus d'autoréférence, qu'il n'est pas prouvable.

Soit Q le prédicat récursif défini sur $\mathbb{N} \times \mathbb{N}$ par $Q(x, y) \leftrightarrow \neg \text{Dem}_K(x, \text{Sub}(y, 19, N(y)))$.

x_1 est une variable de SFG tandis que x est une variable du métalangage de SFG.

Par le théorème du sens, il existe un prédicat de SFG dont le ndg est q avec les variables libres x_1 et x_2 (de ndg 17 et 19, respectivement) vérifiant, $\forall (x, y) \in \mathbb{N}^2$:

- (i). $\neg \text{Dem}_K(x, \text{Sub}(y, 19, N(y))) \rightarrow \text{Dem}_K(\text{Sub}(q; 17, N(x); 19, (N(y))))$;
- (ii). $\text{Dem}_K(x, \text{Sub}(y, 19, N(y))) \rightarrow \text{Dem}_K(\text{Neg}(\text{Sub}(q; 17, N(x); 19, (N(y))))$

Où $(\text{Sub}(q; 17, N(x); 19, (N(y))))$ est le résultat de la substitution des variables 17 et 19 par les termes $N(x)$ et $N(y)$.

D'où :

- (iii). $p = \text{Gen}(17, q) \equiv r = \text{Sub}(q, 19(P))$.

Il est à noter que l'égalité (iii) se justifie par le fait que la *généralisation* par rapport à une variable et la *substitution* d'un prédicat à une variable sont des opérations qui commutent sur l'ensemble de formules.

Montrons à présent que ni r ni $\text{Neg}(r)$ ne sont K -prouvables. La preuve de G1 comporte deux parties :

1. r n'est pas k -prouvable

Si r était k -prouvable comme $r = \text{Sub}(q, 19(p))$, on aurait un x_0 tel $\neg Q(x_0, n)$.

Donc d'après (ii)

$\text{Dem}_K(\text{Neg}(\text{Sub}(q; 17, N(x_0); 19, (N(n))))$

Donc $\text{Dem}_K(\text{Neg}(\text{Sub}(q; 17, N(x_0))))$

Il est remarqué que la prouvabilité de r implique être k -prouvable ; or cette déduction entre en contradiction avec la consistance (et donc l' ω -consistance) de k , puisque $r = 17 \text{ Gen } q$ est k -prouvable, on voit que l'axiome de substitution nous amène à considérer que $\text{Sub}(q : 17, N(x_0))$ est k -prouvable. Donc r n'est pas k -prouvable.

2. $\text{Neg}(r)$ n'est pas k -prouvable

Sachant que r n'est pas k -prouvable. Puisque $r = \text{Sub}(q, 19(p))$ et $\forall x \in N$ tel que $Q(x, n)$. Donc d'après (i), on obtient $\forall x$ tel que $\text{Dem}_k(\text{Neg}(q : 17, N(x_0)))$, ce qui avec l' ω -consistance montre que $r = \text{Gen}(17, q)$ n'est pas k -prouvable.

Il est à remarquer qu'il est possible de refaire le schéma de cette preuve en considérant $Q(y) = \text{Dem}(\text{Sub}(y, 19, N(y)))$ et en supposant que le prédicat $y \rightarrow \text{Dem}$ (= être prouvable) est donc récursif. Cette éventualité amène à une contradiction. D'où $y \rightarrow \text{Dem } y$ n'est pas récursive.

L'indécidabilité du premier théorème d'incomplétude $\text{Gen}(17, r)$ dépend de l'hypothèse de ω -cohérence de SFG. On peut se passer de cette hypothèse en utilisant une astuce proposée par ROSSER et qui consiste à réduire cette hypothèse à la cohérence de SFG seulement.

3. Théorème de G-R

Si SFG est cohérent, il existe un prédicat récursif $R(x_1)$ de SFG d'une variable libre x_1 et de nombre de GÖDEL r tel que $\neg \text{Dem}_k(\text{Gen}(17, r))$ et $\neg \text{Dem}_k(\text{Neg}(\text{Gen}(17, r)))$. Alors $\text{Gen}(17, r)$ est indécidable.

La variante de ROSSER utilise les mêmes outils logiques en substituant la formule $Q(x, y)$ par la formule $R(x, y)$ définie comme suit :

$$R(x, y) \equiv \text{Dem}_k(x, \text{Sub}(y, 19, N(y))) \rightarrow \exists z (z \leq x \wedge \text{Dem}_k(z, \text{Neg}(\text{Sub}(y, 19, N(y)))))$$

En clair, $R(x, y)$ est équivalent à : si x est le ndg d'une preuve de la formule dont le ndg est $\text{Sub}(y, 19, N(y))$, dans ce cas, il existe z tel que z est le ndg d'une preuve de la formule dont le ndg est $\text{Neg}(\text{Sub}(y, 19, N(y)))$ et z étant un nombre plus petit que x .

La variante de ROSSER résout un petit problème laissé ouvert par GÖDEL à savoir l'hypothèse de 1-cohérence (ou ω -cohérence) nécessaire pour prouver que $\neg G$ n'est pas démontrable [8].

Cela signifie que l'hypothèse de 1-cohérence nécessaire pour prouver que $\neg G$ est indémontrable.

Etant contraignant, SFG ne démontre A que si $\neg A$ n'a pas été démontré dans SFG avec une preuve de ndg plus petit. Cela veut donc dire que $\text{Dem}'(m, n) := \text{Dem}(m, n) \wedge \forall p < n \neg \text{Dem}(\text{Neg}(\ulcorner m \urcorner), \ulcorner p \urcorner)$, avec $\text{Neg}(A = A)$. Nous supposons que SFG est cohérente ; il va s'en dire qu'il n'y a pas de différence entre SFG et sa version bridée qui a contraint SFG.

Aussi, la version bridée reste-t-elle expansive, puisqu'elle est différente de la version « normale » par une quantification bornée ?

En effet, du point de vue formel, SFG prouve, pour chaque énoncé A indémontrable dans SFG et pour chaque entrée n l'énoncé :

$$\text{Dem}(\ulcorner A \urcorner, \ulcorner n \urcorner) \rightarrow \neg \text{Dem}'(\ulcorner Ax \urcorner)$$

On voit que le dernier axiome de $P\bar{A}$ signifie $x < \bar{n}vx = \bar{n}v\bar{n} < x$, où il donne $x = \bar{0}vx = \bar{1}v\dots vx = \bar{n}v\bar{n} < x$ et la procédure se poursuit cas par cas.

Soit R l'énoncé de ROSSER ou l'énoncé de GÖDEL du système bridé. Nous constatons qu'il n'y a aucune différence significative en cas de prouvabilité. Cela signifie donc que l'énoncé de ROSSER est indémontrable.

Cela signifie que l'énoncé de ROSSER est vrai, si $\neg R$ est prouvable avec un nombre de GÖDEL ou une démonstration de code n , cette supposition est, en effet, prouvable dans SFG. D'où, dans SFG, on conclut $\forall x \neg \text{Dem}'(\neg_R x)$, l'indémontrabilité bridée de R ou R est indémontrable. Donc $\neg R$ est non prouvable.

De ce résultat, on peut affirmer que la variante de ROSSER est un système paraconsistant. Pour J.-Y. GIRARD, "cette manière de choisir, entre A et $\neg A$, n'a évidemment aucun sens déductif, puisque, par rapport à la moindre conséquence logique, cette plus petite démonstration risque de changer de bord" [4]. Il poursuit : "l'astuce de ROSSER qui se décline en techniques variées pour représenter les fonctions etc. dans le cas de théories infidèles".

Soulignons que dans « Du Concept de Conséquence Logique », TARSKI en 1936 cherche à fonder la logique à travers son approche sémantique de conséquence logique. D'une manière concrète, il critique l'analyse syntaxique du concept de

conséquence logique à l'aide de ω -incomplétude et pourtant l'analyse sémantique courante pour la logique du premier ordre est, d'une manière extensionnelle, équivalente à l'analyse syntaxique via le théorème de complétude forte, et cela aux fins de remédier aux défauts liés à l'analyse syntaxique, les logiques d'ordre supérieur prenant la tête en fondant le concept de conséquence sur son approche sémantique [14].

Le second théorème d'incomplétude donne un exemple explicite de formule non prouvable.

4. Théorème G2

Si SFG est cohérent, il n'existe pas de preuve de la cohérence de SFG dans SFG (ou formalisable dans SFG).

5. Preuve

La démonstration du second théorème d'incomplétude tient compte de quelques observations suivantes :

1. Dans la démonstration de G1, l'argument prouvant l'indémontrabilité de $\text{Gen}(17, r)$ dépend uniquement de SFG ;
2. Cet argument est, semble-t-il, entièrement formalisable dans SFG par : $\text{Coh}(k) \equiv \forall y \neg (\exists x \text{Dem}_k(x, y) \wedge \exists x \text{Dem}_k(x, \text{Neg}(y)))$.

Donc, d'après (2) $\text{Coh}(k) \rightarrow \forall x \neg \text{Dem}_k(x, \text{Gen}(17, r))$. Sachant que $\text{Sub}(p, 19, N(p)) = \text{Gen}(17, 9, 19, N(p)) = \text{Gén}(17, \text{Sub}(q, 19, N(p))) = \text{Gen}(17, r)$. En clair, on a $\text{Gen}(17, r) = \text{Sub}(p, 19, N(p))$.

On déduit $\text{Coh}(k) \rightarrow \forall x \neg \text{Dem}_k(x, \text{Sub}(p, 19, N(p)))$. Donc, on a $\text{Coh}(k) \rightarrow \forall x Q(x, y)$ suivant la définition de la formule $Q(x, y)$. Les méthodes de la preuve étant formalisables, et on pose c comme étant le ndg de $\text{Coh}(k)$, c'est ainsi qu'on remarque que $\text{Gen}(17, r)$ est, semble-t-il (*), le ndg de $\forall x Q(x, p)$, alors on obtient $\text{Imp}(c, \text{Gen}(17, r))$ est k -prouvable, donc $\text{Dem}_k(\text{Imp}(c, \text{Gen}(17, r)))$. Si $\text{Coh}(SFG)$ était prouvable, alors on aurait $\text{Dem}_k(c)$ et par la règle de *Modus Ponens* $\text{Dem}_k(\text{Gen}(17, r))$, d'où la contradiction avec le premier théorème d'incomplétude. Donc, on obtient $\neg \text{Dem}_k(c)$. Mais on sait que $\neg \text{Dem}_k$ dit que la formule dont le ndg est c est non prouvable, entendu par ce ndg $\text{Coh}(SFG)$. D'où on affirme que la cohérence de SFG est non prouvable dans SFG.

Le programme de HILBERT souffre plus de premier théorème d'incomplétude que du second théorème. Cette argumentation tient au fait que le premier théorème n'exclut pas seulement une formalisation complète des mathématiques mais met aussi en cause, la conservativité des mathématiques par rapport aux mathématiques dites finitistes. En effet, la vérité de la proposition finitiste correspondant à la formule ϕ du premier théorème d'incomplétude, ne peut être prouvée que par des méthodes qui dépassent les mathématiques finitistes codifiées dans l'arithmétique du PEANO.

En plus, ce théorème n'établit pas l'équivalence entre la conservativité et la consistance par le raisonnement signalé ci-haut, qui paraît avoir été celui de HILBERT.

La leçon à tirer du second théorème d'incomplétude est que les méthodes finitistes ne suffisent pas. En clair, elles ne sont pas en mesure de rendre formellement compte de la cohérence.

2.4 COMPARAISON DES APPROCHES

Nous nous proposons de comparer les différentes interprétations faites par des logiciens ci-haut étudiés en présentant les particularités au niveau des approches.

- MENDELSON construit et démontre le théorème de GÖDEL à partir de l'idée de diagonalisation. L'énoncé du théorème de GÖDEL est construit en mode conditionnel. La généralisation par ROSSER du théorème de GÖDEL se fait par la réduction de w -cohérence à la cohérence seule. La preuve de la version généralisée impose la condition suivante : pour tout K .

$$\vdash_K x_1 \leq \bar{n} \Rightarrow (0 \vee x_1 \bar{1} \vee \dots \vee x_1 = \bar{n}) \text{ et } \vdash_K x_1 \leq \bar{n} \vee \bar{n} \leq x_1$$

MENDELSON démontre le second théorème en ayant recours à la preuve au préalable du théorème de LOB.

**Nous ne partageons pas les points de Van HEIJEN NOORT et NEIL KENNEDY, qui estiment prouver des failles dans la preuve de GÖDEL. Comme nous avons démontré le contraire en nous inspirant de J. LADRIERE et J.Y. GIRARD. La preuve de GÖDEL ne comporte pas d'erreur technique et cela, c'est-à-dire, dans la confusion d'après Van HEIJEN NOORT: From to Gödel A Source Book in Mathematical Logic Cambridge (Mass) London: Harvard University Press 2002. et NEIL KENNEDY entre SFG et II, c'est-à-dire entre langage SFG et métalangage II.*

- C'est dans la perspective de la logique linéaire qu'Yves GIRARD présente et démontre le théorème de GODEL en se servant des propriétés d'expansivité et de récessivité. Pour cet auteur, l'énoncé de GODEL G est obtenu par une technique de diagonalisation. Il est formulé en mode conditionnel : la variante de ROSSER est une généralisation de la notion de cohérence. Les deux théorèmes d'incomplétude sont expliqués en termes de cohérence avec nuance sur l'expression « suffisamment expressive ».
- DECONNINCK MATTHIEU présente et prouve le théorème de GODEL à l'aide du Lemme de GODEL ou théorème du sens en exhibant un prédicat récursif $R(x_1)$ en processus d'autoréférence. L'énoncé du théorème est formulé en mode conditionnel. L'auteur s'appuie sur les propriétés de l'arithmétisation de la syntaxe pour démontrer ce théorème. La variante de ROSSER utilise les mêmes outils logiques de ces propriétés.

3 CONCLUSION

Le premier théorème d'incomplétude de GÖDEL renseigne que la propriété du tiers exclu fait défaut à la prouvabilité dans des systèmes arithmétiques. Ainsi, il existe des formules vraies qui sont indémontrables (et des formules fausses qui sont irréfutables). Tel est le principal problème du théorème de GÖDEL.

L'idée de distinguer la prouvabilité de la vérité est perçue tardivement en logique. Jusqu'alors il y avait cette prémisse tacite en sciences mathématiques. On sait qu'une formule vraie est forcément prouvable et que sa vérité est liée à sa prouvabilité. Le premier théorème de GÖDEL et, par la suite, le théorème de TARSKI, ont fait tomber ce mythe mais l'étonnement est persistant. Cela s'explique par le fait que le système d'axiomes définissant l'arithmétique, semble partiellement modifié par une ontologie réaliste où le tiers exclu est valide. En d'autres termes, le théorème d'incomplétude de GÖDEL a montré que le programme de HILBERT ne peut pas se réaliser, étant donné que le prédicat « être prouvable » pour un système, est tel que celui de l'arithmétique élémentaire, n'est pas finitiste ou récursif [5].

Peu importe la formule F , l'expression ainsi obtenue $\vdash F \vee \neg F$, n'entraîne pas que $\vdash F \vee \neg F$. De manière similaire, quand bien même on peut prouver que $\neg \neg F \rightarrow F$, il n'est généralement pas possible d'avoir non - $\vdash \neg F$ qui entraîne $\vdash F$. Finalement, utilisant des quantificateurs de $\vdash F(\bar{n})$ pour tout n , cela n'entraîne pas toujours $\forall x F(x)$ (SFG n'est pas ω -complète).

La preuve du premier théorème d'incomplétude donne $\neg \text{Dem}(n, g)$, pour tout n (où $g = \Gamma(\zeta)$). On a par représentabilité de $\text{Dem}(x, y) \vdash_S \neg \text{Dem}(\bar{n}, \bar{g})$ pour tout n . Mais, il n'est pas possible d'obtenir $\vdash_S \forall x_2 \neg \text{Dem}(x_2, \bar{g})$ n'eût été cela, on aurait $\vdash_S \zeta$. De ce même fait, on dit que le prédicat de prouvabilité. « $\vdash_S$ » n'exprime pas fidèlement la signification des opérateurs du langage-objet au métalangage. Donc, il apparaît une certaine opacité. Cela est une autre chose pour le prédicat de vérité qui est fidèle à la signification de « $\forall$ », « $\neg$ » et « $\rightarrow$ ».

A notre humble avis, nous estimons que c'est le premier théorème d'incomplétude qui met en effet en question, le programme métamathématique de HILBERT, et que le second théorème vient juste pour le perfectionnement. Donc, c'est le premier et non le second théorème, qui a eu à supprimer le programme de HILBERT [6].

Au vu des résultats d'incomplétude de GÖDEL, et en se libérant du fardeau Wittgensteinien à la faveur de la métaphysique kantienne, CARNAP estime, en rapport avec le premier théorème d'incomplétude, que la prouvabilité dans un système formel, constitue un critère insuffisant pour expliquer correctement la notion de vérité logico-mathématique [7]. Cela signifie donc que toute proposition vraie n'est pas nécessairement prouvable. C'est donc une séparation nette et distincte entre la vérité et la prouvabilité. On pourrait dire que le mécanisme de la raison humaine comporte les limites intrinsèques.

REFERENCES

- [1] Aristote : *Les seconds analytiques* (Traduction et notes par TRICOT), Paris, Vrin, 1979, p.8.
- [2] E. Nagel and J.R. NEWMANN: *Gödel Proof*, (éd) Douglas R. HOGSTANDTER, Edition révisée, New-York, New-York University Press 2001.
- [3] E. Mendelson: *Introduction to Mathematical Logic*, 3^{ième} éd. Monterey (Californier), Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1987.
- [4] J-Y, Girard : *Le Point Aveugle*, Cours de logique. Tome 1 ; vers la perfection, Marseille, Institut de Mathématiques de Luminy, 1989.
- [5] Jean LARGEAULT : *Logique mathématique, textes*, Paris : Armand Colin, 1972.
- [6] M. Detlefsen, "On an Alleged Refutation of HILBERT's program using GÖDEL's First Incompleteness Theorem", *Journal of Philosophical Logic*, 19, pp.343-377, 1990.

- [7] S. Awodey & A. W. Carus, From Wittgenstein's Prison to the Boundless ocean : Carnap's Dream of Logical Syntax, wagner, P. (ed), Carnap's Logical Syntax of Language, Basingstoke, Pgrave Macmillan, pp.79-108, 2009.
- [8] K. GÖDEL, E. NAGEL, J.R. NEWMANN, et J.-Y. GIRARD, *Le théorème de GÖDEL, Source du savoir*, Paris :Le Seuil,1989. Voir aussi J.-Y GIRARD ;*Point Aveugle*, Tom 1. Vers la perfection.
- [9] J. Ladrière : *Les limitations internes des formalismes. Etude sur la signification du théorème de Gödel et des théorèmes apparentés dans la théorie des fondements des Mathématiques*, Nawelaerts/Gauthier-Villards, Paris/Louvain, 1957.
- [10] A. Tarski, « La conception sémantique de la vérité », *logique, Sémantique, Métamathématique*, T.2, Paris, Armand-colin, pp265-305,1974.
- [11] J.-Y. GIRARD : *Du pourquoi au comment : la théorie de la démonstration du programme de HILBERT à la logique linéaire*, leçons de mathématiques d'aujourd'hui, ads cassini, 2003.
- [12] M.J. DURAND-RICHARD, *Des lois de la pensée à l'intelligence artificielle* (Paris : Université Paris 8 Vincennes Saint-Denis (Département de Mathématiques et d'histoires des sciences). Notes de cours [s.d], https://www.u-picardie.fr/~furst/docs/2-Aube_IA.pdf, (décembre 2013).
- [13] N. Kennedy, *Recherches logiques et philosophiques sur le concept de métalangage*, Mémoire de Maîtrise en Philosophie, Montréal : Université du Québec à Montréal, août 2006. Voir aussi N. Kennedy, *Les théorèmes d'incomplétude de GÖDEL : un guide de démonstration*.
- [14] A. TARSKI, « Du Concept de Conséquence Logique », 1936, BONNAY, D & M. COZIX (dire) Philosophie de la logique. Conséquence preuve et vérité, Paris : Vrin, 89-97, 2009. Mais le calcul des séquents de GENTZEN nous présente une justification purement syntaxique des règles logiques. Là, on voit la complétude y apparaître comme une propriété interne, exprimée par l'élimination des coupures. Voir J-Y, GIRARD, « From Foundations ludics », *Bulletin of Symbolic Logic*, 9 (2), pp. 131-168, 2003.

CONDITIONS DE VIE SOCIO-ECONOMIQUE ET PROBLEMATIQUE DE LA CONTRIBUTION DES POPULATIONS RIVERAINES A LA CONSERVATION DU PARC NATIONAL DE LA COMOE (PNC) EN CÔTE D'IVOIRE

[SOCIO-ECONOMIC LIVING CONDITIONS AND PROBLEMATIC OF THE CONTRIBUTION OF THE BORDERING POPULATIONS TO THE CONSERVATION OF THE NATIONAL PARK OF COMOE (PNC) IN IVORY COAST]

Valoua FOFANA¹ and Mariam CAMARA²

¹Département de Sociologie, Université Alassane Ouattara,
BPV 18 Bouaké 01, Côte d'Ivoire

²Centre Ivoirien Recherches Economiques et Sociales (CIRES),
Université Felix Houphouët-Boigny, 08 BP 1295 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This survey puts a specific stress on the difficulties to conciliate the preservation and development objectives in the space comoe areas. Despite the financial backers and the ivoirian authorities willingness to involve the riverside residents in the nature reserve management and preservation through the base infrastructures realization and socioeconomic projects, the anthropic aggressions haven't ceased truly. The investigation made in 10 (ten) localities clearly shows that the populations continue exploiting the nature reserve resources as part of agro-pastoral activities (farming of the outskirts, breeding in the park) and the houseworkers (firewood), etc. The persistence of these non-conservatist attitudes could be explained by the lack of base infrastructures or the socioeconomic projects financing as well as viability of substitution projects (financing of producing-income activities) in other areas. And yet, these projects and infrastructures supposed to improve the riverside populations living conditions remain the key elements to the participatory management of the park's biological diversity. The national authorities and the financial backers should better give a particular interest to the raising of their socioeconomic standard of living in order to obtain from the riverside residents a real collaboration in the management and conservation of the world patrimony, that is the Comoe National Park (CNP).

KEYWORDS: Base infrastructures, socioeconomic projects, anthropic aggression, local development, locality, biodiversity, financing, participatory management.

RESUME: Cette étude met un accent particulier sur les difficultés à concilier les objectifs de conservation et de développement dans les localités de l'espace Comoé. Malgré la volonté des autorités ivoiriennes et des bailleurs à impliquer les populations riveraines dans la gestion et la conservation du parc en procédant par la réalisation d'infrastructures de base et de projets socio-économiques, les agressions anthropiques n'ont véritablement pas cessé. L'enquête menée dans 10 localités démontre que les populations continuent d'exploiter les ressources du parc dans le cadre des activités agro-pastorales (agriculture à la périphérie, élevage dans le parc) et des tâches ménagères (bois de chauffe), etc. La persistance de ces comportements anti-conservationnistes s'expliquerait par le manque d'infrastructures de base ou de financements de projets socio-économiques dans certaines localités ou/et le manque de viabilité des projets de substitution (financement des activités génératrice des revenus) dans d'autres. Or, ces infrastructures et projets sensés améliorer les conditions de vie des populations riveraines sont les éléments clés de la gestion participative de la biodiversité du parc. Les autorités et les bailleurs gagneraient donc à accorder

un intérêt particulier à l'élévation de leur niveau de vie économique et sociale afin d'obtenir de la part des riverains une franche collaboration dans la gestion et la conservation de ce patrimoine mondial qu'est le parc Mondial de la Comoé (PNC).

MOTS-CLEFS: Infrastructures de base, projets socioéconomiques, agression anthropique, développement local, localité, biodiversité, financement, gestion participative.

1 INTRODUCTION

La conservation des aires protégées est de plus en plus conditionnée, ces dernières années, par l'implication des populations riveraines. Cette nouvelle politique consiste à garantir aux communautés locales, fortement dépendantes des ressources naturelles de ces aires protégées aux fortes potentialités agricoles et pastorales, une viabilité de leur système de production (Steve Dimitri PARE, 2013 [1]). Le n'est pas en reste.

Les populations vivant aux alentours du Parc National de la Comoé (PNC), patrimoine mondial de l'UNESCO, ont bénéficié de plusieurs projets de développement économique et social comme les microprojets d'agroforesterie, d'apiculture et d'aulacodiculture - en tant que sources de revenu local permettant à la fois de lutter contre la pauvreté dans l'espace Comoé et d'épargner la Réserve des agressions anthropiques - de création des Associations Villageoises pour la Conservation et le Développement (AVCD), de mise en service d'une radio de proximité, nommée « Radio Boutourou » en vue d'impulser la participation communautaire (GAUZE T. K. M., BIEMI J. & SORO K., 2014[2]).

En dépit de tous ces efforts consentis par l'Etat et les partenaires au développement, le PNC fait l'objet d'agressions de tout genre.¹ Les populations riveraines continuent ainsi l'exploitation de bois d'œuvre, le braconnage, l'élevage, la pêche et l'orpaillage clandestins. Cette dernière activité illégale a particulièrement pris de l'ampleur au point où 79 orpailleurs ont été appréhendés en 2014 contre 8 et 6 respectivement en 2012 et 2013 (Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), 2015 [3]).

Il se pose alors le problème de l'efficacité des politiques de développement menées dans l'espace Comoé. Autrement dit, la réalisation de programmes/projets économiques et sociaux en vue de l'épanouissement des populations locales ne semble pas garantir leur implication dans la conservation de la biodiversité et des ressources naturelles du parc. La présente étude se propose de contribuer à la compréhension de ce phénomène en mettant l'accent sur la nécessité de la mise en place de politiques et stratégies adéquates d'amélioration du niveau de vie des populations riveraines.

La problématique majeure de l'implication des populations dans la gestion des ressources naturelles est la conciliation des intérêts de conservation avec les intérêts de développement économique, social et culturel (ISSA Maman-Sani, 2010 [4]). Autrement dit, l'efficacité à long terme de l'approche participative est conditionnée par des mesures alternatives viables en termes de promotion d'activités ou de projets représentant un réel coût d'opportunité pour les ménages ruraux (YANGGEN D., 2010 [5]). Cette approche a toutefois des limites, car aboutissant très souvent à des résultats mitigés. Même si les alternatives à l'agriculture par l'amélioration des pratiques culturales et l'accès au micro-crédit, l'élevage ou même la compensation financière sont reçus avec beaucoup d'enthousiasme, ils ne garantissent en rien l'abandon de l'exploitation des ressources naturelles, notamment celle du bois qui, dans le cas de la République Démocratique du Congo, demeure la première source d'énergie (SALMON C., 2012 [6]).

Cette réalité est corroborée par l'étude de MILOL A. et NDIKUMAGENGE C. (2010 [7]) selon laquelle une décennie de politique de développement local visant à établir un équilibre entre la gestion participative et la gestion durable des ressources naturelles n'a pas pu mettre fin aux mauvaises pratiques dans l'environnement. Les populations locales n'ont pas encore adopté les méthodes de gestion participative qui leur ont été proposées. Sur 23 aires protégées étudiées par la Banque Mondiale (BM), il ressort que les projets visant à concilier les objectifs de développement et de conservation n'ont pas atténué la pression sur les parcs ou réserves qu'ils visaient à protéger (COLCHESTER M., 1996 [8]).

Qu'est-ce qui explique cette situation ? Pourquoi les nombreux projets mis en œuvre dans l'espace Comoé ne parviennent-ils pas à endiguer les agressions anthropiques ? Quelles sont les limites de ces projets ? Quelles actions vigoureuses et adéquates faut-il pour mettre définitivement fin à ces agressions anthropiques ?

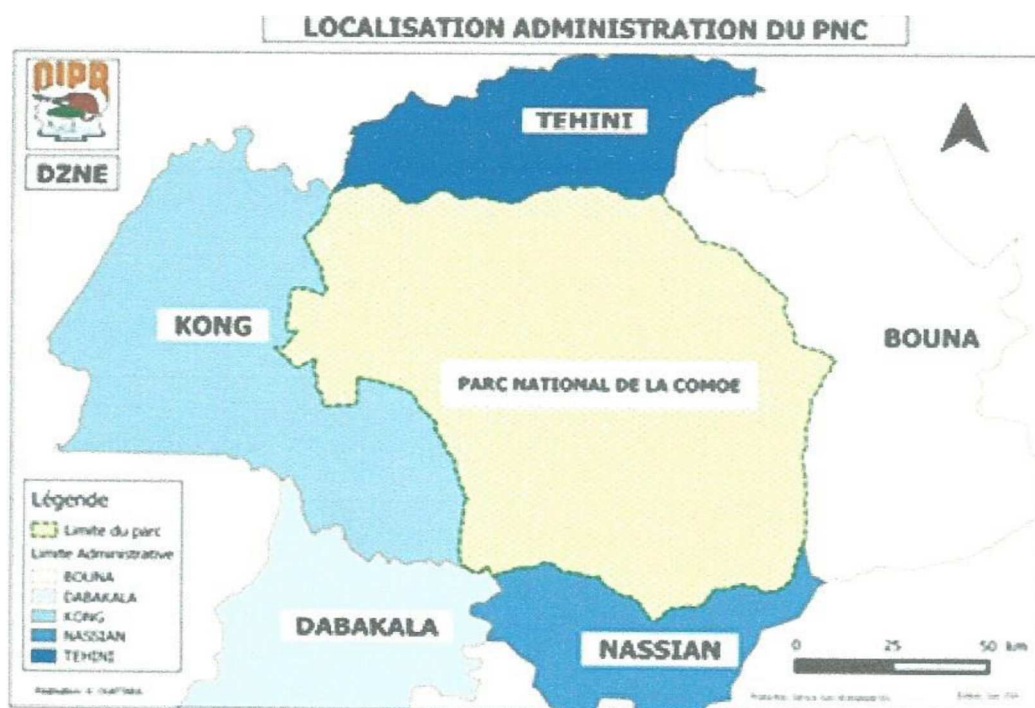
¹ Allemagne, Japon, France, Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), Union internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), UNESCO.

La réponse à ces questions s'est faite autour des hypothèses de travail ci-après : (i) la pauvreté des populations riveraines malgré la mise en œuvre de projets socioéconomiques favorise la persistance des agressions anthropiques ; (ii) l'adhésion des populations riveraines aux politiques de conservation de la biodiversité de l'espace Comoé nécessite la prise en compte effective de leurs besoins socioéconomiques individuels au-delà de la réalisation d'infrastructures communautaires de base.

2 METHODOLOGIE

2.1 CHAMP GÉOGRAPHIQUE OU ZONE DE L'ÉTUDE

Avec une superficie de 1 149 150 ha, le Parc National de la Comoé (PNC) est situé au Nord-Est de la Côte d'Ivoire, précisément dans la région du Bounkani (selon le découpage administratif de 2011). Cependant, en suivant la cartographie de l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), le PNC s'étend sur 3 régions à l'intérieur desquelles un découpage territorial fait ressortir 5 secteurs. Les secteurs de Téhini et Bouna (au Nord et à l'Est) et celle de Nassian (au Sud et au Sud-est) sont dans la région du « Bounkani » ; celui de Kong (Ouest et Nord-Ouest) dans la région du « Tchologo » ; et celui de Dabakala (Sud-Ouest) dans la région du « Hambol » (GAUZE TKM., BIEMI J. & SORO K., 2014[9]).



Carte de l'Espace Comoé (source : OIPR 2015, PAG)

Dans ces régions et précisément les secteurs afférents, la mise en œuvre du Projet d'Appui à la Relance de la Conservation des Parcs et Réserves de Côte d'Ivoire s'est matérialisée par la constitution de 20 Associations villageoises de Conservation et de Développement (AVCD) dans les villages centres et 3 dans les villages non-centre. Les AVCD de Toungbo-Yaga et Kakpin ont bénéficié de l'appui de l'OIPR pour le financement de leurs microprojets respectifs d'Aviculture et d'apiculture. Par ailleurs, avec l'appui et la médiation des autorités administratives et coutumières, les populations de Gorowi et Amaradougou (enclavées entre les chaînes de montagnes et le parc) ont consenti à céder une partie des chaînes de montagnes en contrepartie de terres arables (Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR), 2015 [10]). Mais toutes ces actions ne semblent pas avoir été efficaces face aux agressions anthropiques.

En fonction des actions susmentionnées et s'appuyant surtout sur la volonté de collaboration des villages avec l'OIPR, une volonté matérialisée par la présence d'une AVCD, nous avons mené l'étude dans 10 villages à raison de 2 villages - par sous-préfecture - sélectionnés à l'aide de la technique d'échantillonnage dite de tirage simple. Ainsi, la zone de l'étude est composée des localités de Yalo et Sayé (Bouna), Toungbo-Yaga et Kakpin (Nassian), Kounzié et Kouenta (Téhini), Kafolo et Gorowi (Kong), Wendéné et Amaradougou (Dabakala).

2.2 ECHANTILLON

Ne disposant pas de base de sondage en termes de renseignements précis et récents sur la structure de l'univers étudié (la population mère), sur les catégories qui la constituent, nous avons opté pour la méthode boule de neige dans la constitution de l'échantillon de cette étude. Pour ce faire, nous nous sommes appuyés sur les Associations villageoises de Conservation et de Développement (AVCD) en tant que groupes stratégiques servant d'interface entre les villageois et les autorités en charge ou intervenant dans la conservation du parc. Ce choix se justifie également par la présence dans ces associations, de représentants de chaque catégorie ou caractéristique de la population villageoise.

Une fois interrogés, les membres de l'AVCD sont mis à contribution pour identifier d'autres membres au sein de la population qui servent à leur tour d'informateurs et ainsi de suite. Au terme de ce processus, nous avons pu constituer un échantillon de 200 enquêtés pour l'administration du questionnaire conformément à la « règle du pouce », utilisée pour décider de la taille de l'échantillon en fonction des différents environnements sociaux (Dennis L., 2002 [11]).²

Outre les populations riveraines, l'échantillon est constitué de personnes et groupes ressources à savoir, des gestionnaires du parc, des autorités administratives locales, des autorités coutumières, des responsables d'ONG locales, des coopératives et/ou associations villageoises (jeunes, femmes, etc.). Les échantillons que nous avons pu atteindre sont présentés dans les tableaux ci-après.

Tableau 1 : Constitution de l'échantillon selon les localités

Sous-préfecture	Localités (villages)	Echantillon
Bouna	Yalo	24
	Sayé	22
Nassian	Toungbo-Yaga	20
	Kakpin	27
Kong	Kafolo	20
	Gorowi	15
Dabakala	Wendéné	18
	Amaradougou	10
Téhini	Kounzié	24
	Kouenta	20
Total		200

Sources : V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire, 2016.*

Tableau 2 : Responsables de groupes sociaux, autorités administratives et coutumières ressources

Sous-préfecture	Autorités administratives	ONGs	Localités (villages)	AVCD	Autorités coutumières
Bouna	Sous-préfecture OIPR	ONG EBURNYA	Yalo	Président	Chefferie
			Sayé	Secrétaire	Chefferie
Nassian	Sous-préfecture OIPR		Toungbo-Yaga	Trésorier	Chefferie
			Kakpin	Secrétaire	Chefferie
Kong	Sous-préfecture OIPR	ONG N'Tabet	Kafolo	Président	Chefferie
			Gorowi	Président	Chefferie
			Wendéré	Secrétaire	Chefferie
Dabakala	Préfecture OIPR	ONG "Notre grenier"	Amaradougou	Président	Chefferie
			Kounzié	Secrétaire	Chefferie
Téhini	Sous-préfecture OIPR		Kouenta	Président	Chefferie

Sources : V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire, 2016.*

² Selon la « règle du pouce », l'absence de données existantes sur le sujet recommande un échantillon de 100-200.

2.3 MATÉRIELS

Dans le cadre de cette étude les outils utilisés sont essentiellement les questionnaires, les guides d'entretien (individuel et de groupe ou focus group), les grilles d'observation. Comprenant 59 questions, les questionnaires ont été structurés autour de 3 axes : (i) Caractéristiques socio-démographiques des enquêtés, (ii) Activités socio-économiques et conditions de vie, (iii) Accès aux ressources naturelles et comportements environnementaux. La grille d'observation a servi au début de l'étude dans le cadre d'une visite d'imprégnation du site.

Les guides d'entretien semi-directifs individuels administrés aux responsables d'ONG/Associations, aux autorités administratives et coutumières étaient structurés, entre autres, autour des axes suivants : (i) Causes de la dégradation des ressources naturelles, (ii) État de la gouvernance, (iii) Évolution du cadre réglementaire et institutionnel, (iv) Problématique du financement durable.

Les guides d'entretien de groupe ou focus groups ont la même structuration que les guides d'entretien individuel.

2.4 MÉTHODES

2.4.1 COLLECTES DES DONNÉES

Cette étude a combiné à la fois les approches quantitative et qualitative. L'approche quantitative a consisté en des enquêtes par questionnaires standardisés. Ils ont été administrés aux populations riveraines dans toutes leurs composantes sociales et professionnelles. Ainsi avons-nous interviewé les jeunes (femmes et garçons), les adultes (femmes et hommes) actifs (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, chasseurs, commerçants) et non actifs.

Dans une approche qualitative, nous avons opté pour la recherche documentaire, l'observation directe, les entretiens semi-directifs individuels et de groupes (focus group). La revue de la documentation s'est appuyée principalement sur des études précédentes sur la situation actuelle des parcs notamment le parc national de la Comoé, la gouvernance, le cadre institutionnel et l'organisation des principales politiques de gestion de la biodiversité, les accords et conventions tant internationales que nationales.

Les entretiens semi-directifs individuels ont eu lieu avec les responsables d'ONG et d'associations, les autorités administratives et coutumières. Les entretiens de groupes ont concerné les groupes homogènes de 6 à 12 individus dans certaines localités réunissant les conditions. Enfin, l'observation directe a consisté à recueillir des informations relatives aux agressions anthropiques sur le parc. Les données collectées portent sur l'utilisation des ressources naturelles, les systèmes de culture et d'élevage.

2.4.2 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES COLLECTÉES

Les données quantitatives recueillies ont été traitées et synchronisées automatiquement par des agents de saisie à l'aide de l'outil informatique (ordinateurs) en format Excel. Elles ont ensuite fait l'objet de vérification puis d'apurement par soucis de cohérence avant d'être converties sous le logiciel SPSS. Sur ce logiciel, on a procédé à la tabulation des données et aux croisements des tableaux pour l'analyse multivariée.

Le traitement des données qualitatives a consisté d'abord à la retranscription de celles-ci avant de procéder à l'analyse du contenu dont la finalité a été de lister les informations recueillies et de les mettre sous forme de textes dits « verbatim » représentant les données brutes de l'enquête accessibles à l'analyse.

3 RESULTATS

3.1 ACTIONS DE DÉVELOPPEMENT LOCAL

3.1.1 INFRASTRUCTURES SOCIALES DE BASE

La nécessité d'inclure les populations locales dans les programmes et projets de gestion et de conservation de la biodiversité de l'espace Comoé se fait, depuis quelques années, au travers de politiques d'appuis au développement local. Des initiatives jugées nécessaires à leur bien-être, sont ainsi prises, selon les autorités administratives locales, parfois de commun accord (autorités et populations riveraines), en termes de réalisations d'infrastructures sociales de base en échange de la contribution des populations rurales à la conservation de la biodiversité. Cette formalisation du lien entre conservation et développement,

exprimée au sein du projet MAB de l'UNESCO, semble prendre tout son sens ici si nous nous en tenons aux dires des autorités. « Dans certaines localités cela s'est traduit par la construction de centres de santé (maternités et/ou dispensaires ruraux), d'écoles primaires, d'installation de pompes hydrauliques villageoises (PHV) ou d'amélioration de celles en place, de reprofilage des pistes ou routes villageoises, d'électrification rurale » (entretiens semi-directifs avec les autorités préfectorales et ONG). Toutefois, les avis des bénéficiaires divergent quant aux finalités assignées à ces ouvrages. Le tableau ci-après nous en donne quelque aperçu.

Tableau 3 : Opinions des populations riveraines sur la réalisation des infrastructures de base dans leurs localités en échange de leur contribution à la gestion et à la conservation de la biodiversité du PNC

	PROJETS REALISES OU EN COURS DE REALISATION									
	Ecole		Centre de santé		Pompe hydraulique		Construction/ reprofilage de routes		Electrification	
Localités	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non	Oui	Non
Yalo	13 6,5%	11 5,5%	4 2%	20 10%	2 1%	22 11%	10 5%	14 7%	2 1%	22 11%
Sayé	4 2%	18 9%	6 3%	16 8%	4 2%	18 9%	6 3%	16 8%	4 2%	18 9%
Toungbo-Yaga	16 8%	4 2%	5 2,5%	15 7,5%	6 3%	14 7%	12 6%	8 4%	0 0%	20 10%
Kakpin	25 12,5%	2 1%	4 2%	23 11,5%	21 10,5%	6 3%	4 2%	23 11,5%	0 0%	27 13,5%
Kafolo	19 9,5%	1 0,5%	0 0%	20 10%	6 3%	14 7%	16 8%	4 2%	3 1,5%	17 8,5%
Gorowi	0 0%	15 7,5%	0 0%	15 7,5%	0 0%	15 7,5%	0 0%	15 7,5%	0 0%	15 7,5%
Wendéné	18 9%	0 0%	16 8%	2 1%	4 2%	14 7,0%	13 6,5%	5 2,5%	0 0%	18 9%
Amaradougou	5 2,5%	5 2,5%	0 0%	10 5%	1 0,5%	9 4,5%	0 0%	10 5%	0 0%	10 5%
Kounzié	24 12%	0 0%	10 5%	14 7%	19 9,5%	5 2,5%	14 7%	10 5%	10 5%	14 7%
Kouenta	20 10%	0 0%	6 3%	14 7%	10 5%	10 5%	14 7%	6 3%	2 1%	18 9%
Total	144 72%	56 28%	51 25,5%	149 74,5%	73 36,5%	127 63,5%	89 44,5%	111 55,5%	21 10,5%	179 89,5%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire, 2016.*

En dehors de l'école, les données de terrain nous informent que la réalisation de la plupart des infrastructures de base ne répond véritablement pas au souci de la contribution des villageois à la protection du parc. En effet, sur l'ensemble des villages ayant au moins une école, 72% des enquêtés reconnaissent que, seul cet outil de développement s'inscrit dans la politique de conservation du parc. Quant aux autres infrastructures, elles s'inscrivent dans le cadre global de politiques de développement rural ; elles ne sont donc pas spécifiques au petit nombre de localités qui en ont bénéficié. C'est d'ailleurs pour cette raison qu'elles sont quasi-inexistantes dans la plupart des villages visitées. C'est le cas de Gorowi où il n'y a ni école ni centre de santé encore moins d'électricité. Comme le soutient la notabilité, « notre village ne bénéficie d'aucune action de développement local. Il a été oublié par les autorités qui n'ont respecté aucun de leurs engagements. La seule pompe du village est hors d'usage ; les enfants fréquentent une école de fortune construite en Banco où les cours sont dispensés par des enseignants bénévoles... ».

Par ailleurs les infrastructures comme les centres de santé, les routes, l'électricité réalisées ou en cours de réalisation dans certaines localités sont l'œuvre de « certains cadres, hommes politiques, structures décentralisées (Mairie, Conseil général) ou certaines ONG de développement... » (Notabilité, Responsables de AVCD). Si les populations riveraines ne perçoivent pas la réalisation des infrastructures de base comme impérativement liées à leur contribution à la protection de la biodiversité mais comme des actions s'inscrivant dans le cadre général des projets ou programmes de développement rural, qu'en est-il des microprojets socioéconomiques ?

3.1.2 FINANCEMENT DE MICROPROJETS SOCIOÉCONOMIQUES

Outre la réalisation des infrastructures de base, la prise en compte des facteurs sociaux dans les programmes de conservation de la biodiversité se manifeste généralement par le financement des activités génératrices de revenus au profit des populations riveraines. Dans l'espace Comoé, ce cadre développementaliste dans lequel les conservationnistes ont voulu bien inscrire les populations locales ne semble toutefois pas porter. En plus d'être très limités, la quasi-totalité des financements de microprojets beaucoup plus collectifs qu'individuels aboutissent à des résultats mitigés.

Tableau 4: Obtention de financement pour la réalisation d'un projet socio-économique personnel

Localité	Avez-vous bénéficié(e) d'un financement pour la réalisation d'un projet socio-économique personnel ?		Total
	Oui	Non	
Yalo	0 0,0%	24 12,0%	24 12,0%
Sayé	2 1,0%	20 10,0%	22 11,0%
Toungbo-Yaga	0 0,0%	20 10,0%	20 10,0%
Kakpin	2 1,0%	25 12,5%	27 13,5%
Kounzié	0 0,0%	24 12,0%	24 12,0%
Kouenta	8 4,0%	12 6,0%	20 10,0%
Kafolo	7 3,5%	13 6,5%	20 10,0%
Gorowi	7 3,5%	8 4,0%	15 7,5%
Wendéné	7 3,5%	11 5,5%	18 9,0%
Amaradougou	0 0,0%	10 5,0%	10 5,0%
Total	33 16,5%	167 83,5%	200 100,0%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

Les données fournies par ce tableau nous instruisent sur la quasi-absence de financement d'activités génératrices de revenus en provenance des bailleurs tant nationaux qu'internationaux intervenant dans la protection du Parc National de la Comoé (PNC). Sur l'ensemble des villages couverts par l'étude, à peine 16,5% des populations ont bénéficié de financement pour la réalisation de leurs projets socioéconomiques. Bien que l'écart ne soit pas significatif, on note un léger avantage des villages de Kouenta, Kafolo, Gorowi et Wendéné avec respectivement des taux de financement à hauteur de 4%, 3,5%, 3,5%, 3,5%.

La rareté d'assistance financière pousse certaines personnes à contracter des prêts comme l'indique le tableau ci-après. Mais le taux d'obtention de prêt est très négligeable également.

Tableau 5 : Taux d'obtention de prêt auprès de microfinances ou particuliers

LOCALITE	AVEZ-VOUS UNE FOIS OBTENU UN PRET ?		TOTAL
	Oui	Non	
Yalo	8 4,0%	16 8,0%	24 12,0%
Sayé	0 0,0%	22 11,0%	22 11,0%
Toungbo-Yaga	8 4,0%	12 6,0%	20 10,0%
Kakpin	0 0,0%	27 13,5%	27 13,5%
Kounzié	0 0,0%	24 12,0%	24 12,0%
Kouenta	6 3,0%	14 7,0%	20 10,0%
Kafolo	7 3,5%	13 6,5%	20 10,0%
Gorowi	1 0,5%	14 7,0%	15 7,5%
Wendéné	7 3,5%	11 5,5%	18 9,0%
Amaradougou	0 0,0%	10 5,0%	10 5,0%
Total	37 18,5%	163 81,5%	200 100,0%

Sources : V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire, 2016.*

Ces résultats montrent que seulement 18,5% des riverains enquêtés ont accès aux prêts pour le financement de leurs activités. Ils rendent ainsi compte de la quasi impossibilité de créer la richesse dans cette zone rurale. Comme l'ont souligné les responsables des Associations Villageoises de Conservation et de Développement (AVCD), « depuis la mise en place des AVCD, nous avons mené en vain toutes sortes de démarches afin d'avoir des financements pour la réalisation de nos projets. Alors que les autorités nous ont fait la promesse de nous assister financièrement en échange de notre contribution à la conservation du parc. Jusqu'à ce jour nos projets sont restés sans suite. Aucun membre de l'AVCD n'a encore reçu d'assistance financière encore moins un prêt. » Pour compenser l'absence de soutien financier institutionnel, les populations ont recours à des particuliers.

Tableau 6 : Sources des prêts contractés par les populations riveraines

SOURCES DES PRETS	EFFECTIFS	POURCENTAGE
Institution de microcrédit	8	4,0
Particuliers	29	14,5
Total	37	18,5

Sources : Valoua FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire, 2016.*

Les données indiquent que les particuliers sont les principaux recours des villageois dans la recherche de financement pour leurs projets ou activités. Ainsi 14,5% des prêts sont contractés auprès des « parents » pour certains et des « commerçants » pour d'autres. Ce sont généralement de petits montants qui ne permettent véritablement pas de couvrir le déficit de financement. Cette situation a des conséquences sur le niveau de vie socioéconomique de ces populations.

3.2 PROBLÈMES MAJEURS ET CONDITIONS DE VIE SOCIOÉCONOMIQUE DES POPULATIONS

3.2.1 PROBLÈMES MAJEURS DES POPULATIONS

Les actions de développement local dans les localités visitées ont été inefficaces au point où les populations sont toujours confrontées à des problèmes majeurs.

Tableau 12: Problèmes majeurs des populations selon les localités

Localité	Quels sont les problèmes majeurs que connaît votre localité et que les populations souhaitent la résolution en échange d'une implication véritable dans la conservation et la gestion durable du PNC?						Total
	Agriculture peu productive à cause de la pauvreté du sol	Insuffisance de terres cultivables	Insuffisance de pompe hydraulique villageoise	Problème de Centre de Santé	Destruction des champs par les animaux du parc à la recherche de nourriture	Manque de moyens matériels et/ou financiers	
Yalo	5 2,5%	8 4,0%	5 2,5%	4 2,0%	2 1,0%	0 0,0%	24 12,0%
Sayé	2 1,0%	4 2,0%	2 1,0%	5 2,5%	0 0,0%	9 4,5%	22 11,0%
Toungbo-Yaga	2 1,0%	5 2,5%	0 0,0%	7 3,5%	2 1,0%	4 2,0%	20 10,0%
Kakpin	8 4,0%	11 5,5%	0 0,0%	2 1,0%	0 0,0%	6 3,0%	27 13,5%
Kounzié	6 3,0%	7 3,5%	1 0,5%	1 0,5%	0 0,0%	9 4,5%	24 12,0%
Kouenta	4 2,0%	10 5,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	6 3,0%	20 10,0%
Kafolo	9 4,5%	7 3,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 2,0%	20 10,0%
Gorowi	2 1,0%	2 1,0%	0 0,0%	2 1,0%	0 0,0%	9 4,5%	15 7,5%
Wendéné	0 0,0%	6 3,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 6,0%	0 0,0%	18 9,0%
Amaradougou	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	10 5,0%	10 5,0%
Total	38 19,0%	60 30,0%	8 4,0%	21 10,5%	16 8,0%	57 28,5%	200 100,0%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

Les problèmes fondamentaux des villageois sont l'insuffisance de terres arables (30%) d'abord et le manque de moyens matériels et financiers (28,5%) ensuite. Par ailleurs, 76% de la population enquêtée ayant pour activité principale l'agriculture, la faible productivité de celle-ci à cause de la pauvreté du sol (19%) constitue un défi non négligeable. Face à ce problème, il n'existe véritablement pas à ce jour, de politiques agricoles adéquates et fonctionnelles pour accompagner les communautés. C'est d'ailleurs ce qui ressort de ce focus group ci-après : "A cause du parc, on a plus de terres pour cultiver. Les champs que nous avons ne produisent plus. La terre est devenue pauvre à force de cultiver sur la même parcelle. Avant on avait la possibilité de laisser la terre se reposer pendant 1 ou 2 ans pendant qu'on cultive ailleurs. Cela n'est plus possible. Ce qui fait qu'on ne gagne plus assez d'argent après les récoltes. On manque de tout ; on a des difficultés à satisfaire nos besoins matériels et financiers."(Focus group avec les agriculteurs à Kakpin, Kafolo).

3.2.2 REVENUS MOYENS DES MÉNAGES

Les revenus déclarés par les chefs de ménages sont très faibles. Cela traduit les conditions de vie difficiles des populations concernées même si l'analyse basée sur les revenus déclarés s'avère le plus souvent limitative dans la distinction des ménages selon leur richesse ou leur pauvreté.

Tableau 7 : Revenus des ménages en fonction de l'activité exercée

REVENU ANNUEL	ACTIVITÉ PRINCIPALE DE L'ENQUÊTÉ(E)								TOTAL
	Agriculteur	Commerçant	Ménagère	Imam	Agriculteur et éleveur	Chasseur	Pêcheur	Pisteur	
Aucun revenu	91 45,5%	3 1,5%	1 0,5%	3 1,5%	12 6,0%	2 1,0%	6 3,0%	3 1,5%	121 60,50%
60 000	4 2,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 2,0%
75 000	3 1,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,5%
80 000	7 3,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	7 3,5%
100 000	11 5,5%	0 0,0%	3 1,5%	0 0,0%	2 1,0%	1 0,5%	0 0,0%	0 0,0%	17 8,5%
125 000	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 1,0%
150 000	5 2,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,5%	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	8 4,0%
160 000	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 1,0%
200 000	7 3,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	9 4,5%
250 000	1 0,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,5%
300 000	10 5,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	12 6,0%
450 000	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	1 0,5%
500 000	4 2,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	4 2,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	8 4,0%
800 000	2 1,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 1,0%
1 000 000	3 1,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	3 1,5%
TOTAL	152 76,0%	3 1,5%	4 2,0%	3 1,5%	24 12,0%	5 2,5%	6 3,0%	3 1,5%	200 100%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

En dépit de la difficulté et de la complexité de la collecte des indicateurs tels que les revenus, les données fournies par les chefs de ménages traduisent une faiblesse voire une absence quasi générale de revenus dans les localités de l'espace Comoé visitées. Comme l'affiche le tableau, 60,50% des ménages enquêtés n'ont aucun revenu; les agriculteurs sont les plus nombreux (45,5%) dans cette proportion. Les 39,50% des chefs de ménages ayant déclaré des revenus, ont des avoirs annuels allant de 60 000 FCFA à 1 000 000 FCFA. Dans cette proportion, seuls les agriculteurs, avec à peine un taux de 1,5%, ont un revenu annuel de 1 000 000 FCFA. Ce faible niveau des revenus traduit, même si la fiabilité des informations fournies par les enquêtés reste à démontrer par des enquêtes « budget et consommation », le statut économique pauvre ou moins nantis des ménages concernés.

3.2.3 SITUATION DE PAUVRETÉ DES MÉNAGES

Les ménages pauvres ont des caractéristiques socio-économiques diverses. En associant la pauvreté à la non satisfaction des besoins de base ou à un niveau de satisfaction jugé insuffisant, les ménages pauvres se distinguent entre autres, par la taille, l'accès à l'eau potable, la principale source d'énergie et de combustion.

3.2.3.1 LA TAILLE DU MÉNAGE

La présente section met en relation la taille des ménages et leur capacité à satisfaire leurs besoins au regard des revenus annuels mentionnés plus haut. Le tableau 6 montre sans ambiguïté que quelle que soit la taille du ménage, la satisfaction des besoins demeure problématique.

Tableau 6 : La taille du ménage en corrélation avec la capacité des ménages à subvenir à leurs besoins

Taille du ménage	SATISFACTION DES BESOINS DU MENAGE		Total
	Oui	Non	
[1-5]	22 11,0%	28 14,0%	50 25,0%
[6-10]	34 17,0%	49 24,5%	83 41,5%
[11-15]	15 7,5%	29 14,5%	44 22,0%
[16-20]	4 2,0%	6 3,0%	10 5,0%
[21-25]	2 1,0%	6 3,0%	8 4,0%
[26-30]	2 1,0%	3 1,5%	5 2,5%
Total	79 39,5%	121 60,5%	200 100%

Sources: V. FOFANA M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoë (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

Les résultats affichés dans ce tableau recoupent clairement la problématique de la pauvreté dans notre zone d'étude. Ici, la pauvreté n'est pas forcément liée à la taille du ménage. Elle paraît plus endémique au point où, tant les ménages de grande taille que ceux de petite taille ne disposent de ressources financières suffisantes pour la satisfaction de leurs besoins. Plus de 60% des ménages sont concernés par ce phénomène, faisant état de la dégradation ou des difficiles conditions de vie des ménages ruraux de l'espace Comoë. Cette situation de pauvreté généralisée amène les populations à dire qu'elles « *manquent de tout. Même ceux qui n'ont qu'un enfant n'arrive pas à le nourrir convenablement encore moins le scolariser ou le soigner quand il est malade.* » (Focus group avec les femmes).

3.2.3.2 SOURCES DE L'EAU UTILISÉE DANS LES MÉNAGES

L'accès à l'eau potable est très problématique en milieu rural. Bien qu'elles soient la principale source d'eau, les Pompes Hydrauliques Villageoises (PHV) sont très insuffisantes ; cette insuffisance favorise le recours, chez les villageois, à d'autres sources comme les puits, les fleuves, les rivières et marigots.

Tableau 7 : Sources de l'eau utilisée dans les ménages selon leur capacité à satisfaire leurs besoins

SATISFACTION DES BESOINS DU MENAGE	SOURCES DE L'EAU UTILISEE DANS LE MENAGE : BOISSON, CUISINE, VAISSELLE, LESSIVE						TOTAL
	Marigot/Fleuve/ Rivière	Puits	Pompe villageoise	Marigot/fleuve/rivière/puits/ pompe villageoise	Marigot/fleuve /rivière, puits	Puits, pompe villageoise	
Oui	2 1,0%	0 0,0%	60 30,0%	12 6,0%	0 0,0%	5 2,5%	79 39,5%
Non	7 3,5%	3 1,5%	62 31,0%	25 12,5%	7 3,5%	17 8,5%	121 60,5%
TOTAL	9 4,5%	3 1,5%	122 61,0%	37 18,5%	7 3,5%	22 11,0%	200 100%

Sources: V. FOFANA M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

Les localités rurales n'étant pas raccordées à l'eau courante, la pompe villageoise reste la principale source d'eau potable. Dans notre zone d'étude, la capacité des ménages à satisfaire leurs besoins n'a aucune incidence sur le choix d'une source d'eau. Selon les résultats de terrain, les ménages ont plus recours à la pompe villageoise (61%), et à un degré moindre au puits (1,5%). Toutefois, l'accès à la pompe étant le plus souvent difficile (parce qu'insuffisante, hors d'usage, vétuste...), 18,5% des riverains ont accessoirement recours à plusieurs sources d'eau (Marigot/fleuve/rivière/puits/pompe villageoise). Les expériences individuelles et collectives recueillies à partir des entretiens semi-directifs, des focus group et des récits de vie donnent un aperçu de la réalité quotidienne des ménages en matière d'accès à l'eau : "on préfère l'eau qui sort de la pompe parce que c'est propre. Mais ça ne suffit pas pour le village ; elle est couramment sèche ou en panne et est à l'origine de conflits. Pour toutes ces raisons, on est obligé de rentrer du champ avec de l'eau de marigot/rivières/fleuves. Ce n'est pas propre mais on n'a pas le choix."

3.2.3.3 PRINCIPALE SOURCE D'ÉCLAIRAGE DES MÉNAGES

Le taux de satisfaction de la demande en énergie reste très limité en milieu rural après 50 ans de politique d'électrification rurale. A l'instar des autres populations rurales en Côte d'Ivoire, le manque d'infrastructures électriques ne permet pas aux populations de l'espace Comoé de répondre à leur aspiration légitime d'accéder à une bonne qualité de vie. L'absence de cet outil de développement les amène à recourir à d'autres sources d'énergie de moindre qualité, comme le montre les résultats du tableau 8.

Tableau 8 : Corrélation satisfaction des besoins et principale source d'éclairage du ménage

SATISFACTION DES BESOINS DU MENAGE	PRINCIPALE SOURCE D'ENERGIE DU MENAGE				TOTAL
	Electricité	Groupe électrogène/Energie solaire	Lampe	Torche	
Oui	28 14%	7 3,5%	8 4%	40 20%	83 41,5%
Non	17 8,5%	4 2%	16 8%	80 40%	117 58,5%
TOTAL	45 22,5%	11 5,5%	24 12%	120 60%	200 100%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

L'analyse de la principale source d'énergie croisée avec la capacité à satisfaire leurs besoins montre que les ménages ont prioritairement recours à la torche (60%) pour s'éclairer. Dans cette proportion, 40% sont des ménages qui ont des difficultés à répondre à leurs besoins. Ils utilisent moins le groupe électrogène ou l'énergie solaire (5,5%) coûteux non seulement en termes d'achat (groupe électrogène) ou d'installation (énergie solaire) mais surtout en termes de fonctionnement (groupe électrogène). Pour toutes ces raisons, les ménages qui y ont le plus accès se comptent parmi ceux qui ont la capacité de satisfaire leurs besoins (3,5%). Les 22,5% des enquêté(e)s ayant accès à l'électricité (deuxième source d'énergie) sont en majorité les ménages qui répondent à leurs besoins socioéconomiques (14%).

3.2.3.4 PRINCIPALE SOURCE DE COMBUSTIBLE DES MÉNAGES

Contrairement à la source d'éclairage, le rapport entre la source de combustible et la capacité à répondre à leurs besoins ne présente pas de typologie différentielle des ménages.

Tableau 9 : Corrélation satisfaction des besoins et principale source de combustible du ménage

SATISFACTION DES BESOINS DU MENAGE	PRINCIPALE SOURCE DE COMBUSTIVE DU MENAGE			Total
	Charbon de bois	Gaz butane	Bois de chauffe	
Oui	0 0%	0 0%	79 39,5%	79 39,5%
Non	0 0%	0 0%	121 60,5%	121 60,5%
Total	0 0%	0 0%	200 100,0%	200 100%

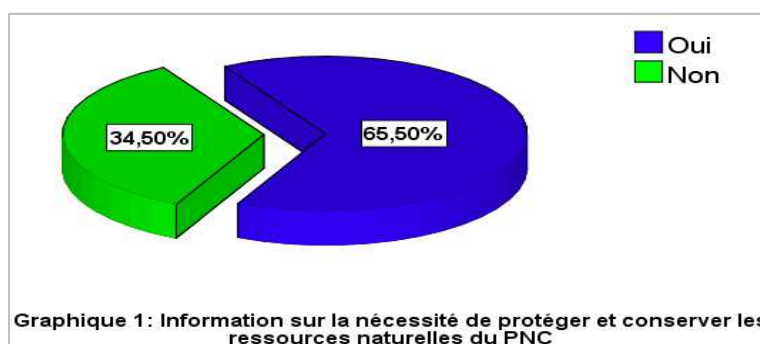
Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

Les données affichées par ce tableau montrent clairement que les ménages utilisent essentiellement le bois de chauffe pour la cuisson des aliments (100%). La différence entre ceux qui ont les moyens de répondre à leurs besoins (39,5%) et les moins nantis (60,5%), bien que grande, n'est pas pertinente. L'usage exclusif de cette ressource soulève la problématique de la protection de la biodiversité.

3.3 PROBLÉMATIQUE DE LA CONTRIBUTION DES POPULATIONS RIVERAINES À LA PROTECTION DU PNC

A la lumière des différentes analyses faites en amont sur les conditions de vie socio-économique des populations, il ressort que la pauvreté a très peu reculé dans l'espace Comoé. Cette situation moins reluisante, soulève la question de l'efficacité des politiques de gestion participative des ressources naturelles du parc. Cela nous amène à nous demander si, dans ces conditions de vie pareilles, les populations locales peuvent adopter les méthodes de gestion participative à elles proposées dans le cadre des programmes/projets de conservation. Commençons par évaluer le niveau de connaissance des populations sur la nécessité de protéger les ressources naturelles.

3.3.1 NIVEAU DE CONNAISSANCE DES POPULATIONS SUR LA NÉCESSITÉ DE PROTÉGER LA BIODIVERSITÉ



Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

L'analyse de ce graphique montre que, de façon générale, les informations véhiculées dans le cadre des politiques de gestion participative du parc parviennent aux populations locales. Sur l'ensemble des enquêtés, 65,5% contre 34,5% reconnaissent avoir été informés de la nécessité de protéger la biodiversité du parc. Contribuent-ils pour autant à sa conservation ?

3.3.2 NIVEAU DE CONTRIBUTION DES RIVERAINS DANS LA PROTECTION DU PARC

Bien que les riverains soient bien instruits sur la nécessité de participer à la conservation du parc, ils ne font pas d'effort dans ce sens ou n'en font pas assez. Quelle que soit la localité visitée, il ressort que les populations sont moins enclin à prendre une part importante à la gestion collective de la biodiversité de ce site naturel du patrimoine mondial.

3.3.2.1 NIVEAU DE CONTRIBUTION

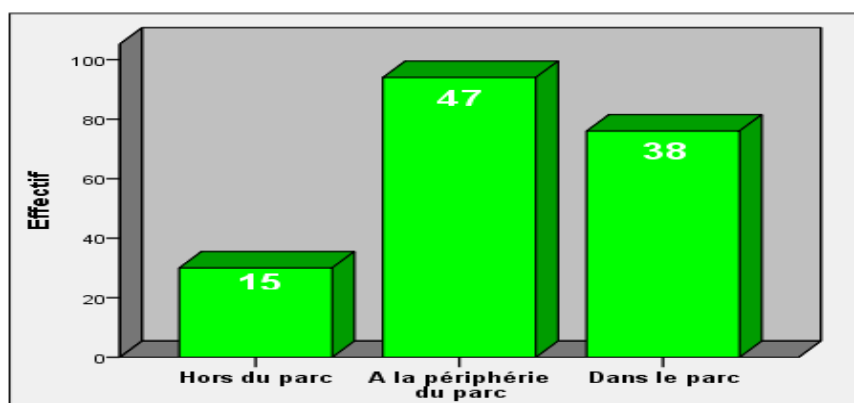
A en croire le tableau ci-après, le taux de participation des villageois à la conservation du parc est négligeable au regard des mesures prises pour sa sauvegarde.

Tableau 10 : Niveau de contribution à la conservation du parc en fonction des localités

LOCALITE	CONTIBUEZ-VOUS A LA CONSERVATION ET A LA GESTION DES RESSOURCES NATURELLES DU PNC?		TOTAL
	Oui	Non	
Yalo	8 4,0%	16 8,0%	24 12,0%
Sayé	10 5,0%	12 6,0%	22 11,0%
Toungbo-Yaga	8 4,0%	12 6,0%	20 10,0%
Kakpin	6 3,0%	21 10,5%	27 13,5%
Kounzié	10 5,0%	14 7,0%	24 12,0%
Kouenta	8 4,0%	12 6,0%	20 10,0%
Kafolo	3 1,5%	17 8,5%	20 10,0%
Gorowi	0 0,0%	15 7,0%	15 7,5%
Wendéné	4 2,0%	14 7,0%	18 9,0%
Amaradougou	2 0,0%	8 5,0%	10 5,0%
Total	59 29,5%	141 70,5%	200 100,0%

Sources: V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

De façon évidente, les données de ce tableau traduisent les limites des politiques visant à impliquer les populations riveraines dans la gestion du parc. Sur l'ensemble de notre site d'enquête, on constate que plus de 70,5% de la population ne contribue pas à la conservation du parc. Dans ce contexte de désintérêt généralisé, le village de Gorowi se présente comme la localité dont la population s'est entièrement désengagée avec 0,0% de participation. La notabilité de ce village justifie cette absence d'implication par le sentiment d'abandon de la localité par les autorités : "*Depuis la déclaration de nos terres en parc, notre village n'a véritablement pas bénéficié de projets de développement. Nous n'avons pas d'école, pas de maternité, pas d'électricité, quasiment plus de pompe. Nous avons de sérieux problèmes de santé à cause de la mauvaise qualité de l'eau des marigots que nous buvons.*" (Chef du village). Ce faible taux de participation des villageois transparent dans leurs comportements.

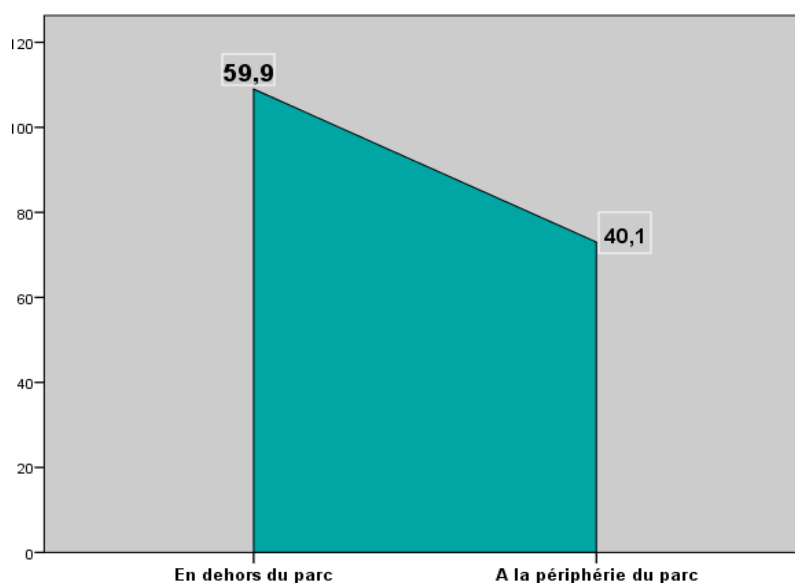


Graphique 2: Provenance du bois de chauffe

Sources: V. FOFANA M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en Côte d'Ivoire*, 2016.

La source du bois de chauffe pour la cuisson des aliments en dit long sur le faible niveau d'engagement des populations dans la préservation des ressources naturelles du parc. Les résultats du graphique confirment ce constat d'autant plus que, les 70% des bois utilisés dans les ménages proviennent soit du parc (38%) soit de sa périphérie (47%).

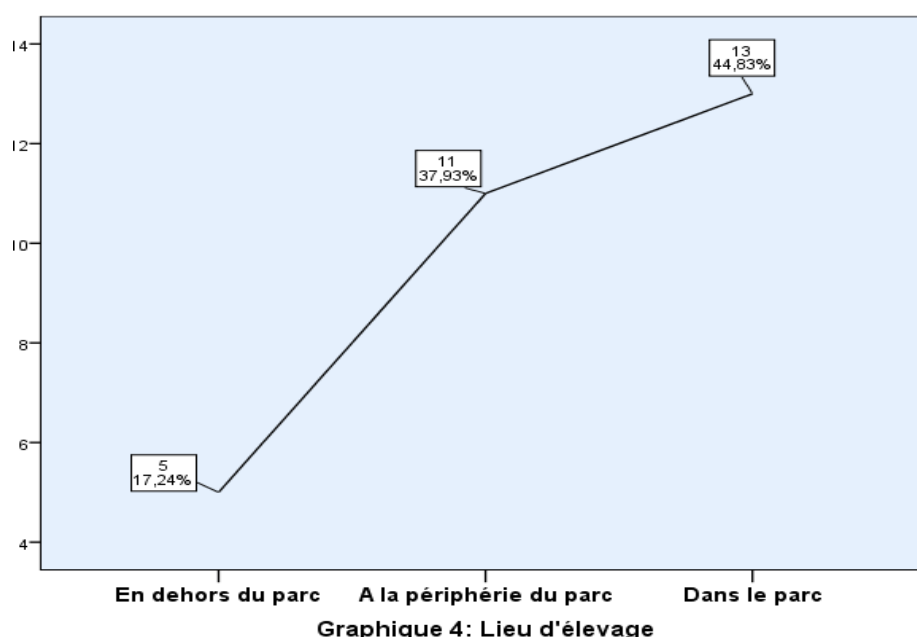
Contrairement au bois de chauffe dont l'essentiel provient du parc et sa périphérie, l'agriculture, la principale activité dans l'espace Comoé, se pratique hors du parc comme l'indique le graphique ci-après. Cela n'est toutefois pas rassurant vu le taux encore élevé d'activité à la périphérie du parc.



Graphique 3: Lieu d'exercice de l'activité agricole

Sources : V. FOFANA et M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en Côte d'Ivoire*, 2016.

Les risques d'agressions anthropiques sont toujours présents sur notre site d'étude bien que le graphique affiche 54,5% de pratique agricole hors du parc. Il y a risques parce que les 36,5% d'agriculteurs ayant leur champ à la périphérie du parc constituent une menace potentielle. Ils peuvent à tout moment étendre leur surface cultivable dans le parc ou y poser des actes pouvant nuire aux ressources naturelles. C'est le cas de l'élevage.



Sources: V. FOFANA M. CAMARA, *Enquête sur les conditions de vie socio-économique et problématique de la contribution des populations riveraines à la conservation du parc national de la Comoé (PNC) en côte d'ivoire*, 2016.

L'élevage constitue un danger pour la biodiversité. En cumulant les taux de l'élevage à la périphérie (37,93%) et dans le parc (44,83%), on constate que plus de 82,76% des activités d'élevage sont en rapports directs avec le parc. Cela a des conséquences en termes de dégradation des ressources du parc.

Tous les problèmes évoqués attirent l'attention sur l'absence d'articulation entre conservation et développement. La réduction de la pauvreté demeure le point nodal du succès des politiques de conservation du parc si bien que, lors de nos entretiens certains villageois posaient le refus d'implication totale dans la protection du PNC en termes de *"je ne contribue pas à la conservation du parc parce que je reçois rien de la part des structures qui en ont la charge"*; d'autres pensent plutôt en terme de *"j'y prendrai part si j'ai une assistance financière ou matérielle"*. Parmi les besoins exprimés en vue d'une véritable implication des riverains dans la protection du parc, le financement des projets occupe la première place tandis que les besoins en infrastructures de base exprimés viennent en seconde position.

4 DISCUSSION

4.1 PROJETS DE DÉVELOPPEMENT LOCAL

L'aide au développement conservationniste, qui consiste souvent à distribuer les retombées de la conservation par la construction d'infrastructures collectives (puits, forages, écoles, centres de santé, etc.) ou la mise en place d'activités génératrices de revenus, constitue à la fois un moyen de promotion de la conservation mais aussi d'amélioration des conditions de vie des populations locales (Bénédicte Kippes, 2007 [12]). Force est de constater cependant que, les actions en vue du développement des localités de l'espace Comoé sont très limitées avec des finalités mitigées. Non seulement les infrastructures de bases restent un luxe pour les populations mais les financements de micro-projets socioéconomiques sensés lutter contre la pauvreté sont quasi-inexistants. La question de mesures alternatives viables, souvent mal évaluée par les projets de développement a conduit dans bien des cas à des échecs (Steve Dimitri PARE, 2013 [13]).

4.2 PROBLÈMES MAJEURS ET CONDITIONS DE VIE SOCIOÉCONOMIQUE DES POPULATIONS

Les problèmes majeurs des populations riveraines demeurent le manque de terres arables, la faible productivité de l'agriculture liée à la pauvreté du sol et les difficultés à satisfaire leurs besoins financiers et matériels. Ces difficultés illustrent manifestement un paradoxe, une contradiction qui amène à douter de l'efficacité des actions de développement local visant à transformer les riverains en conservationnistes. L'étude de NYAMUYENZI illustre bien cet état de fait quand il souligne que la production agricole de 95% de la population de la zone riveraine de la Réserve Naturelle Forestière de Bururi (RNFB) est souvent mauvaise suite à l'infertilité des sols et aux aléas climatiques, que les infrastructures publiques existent mais ne sont pas

suffisants. Pour y remédier, il pense que des efforts importants sont nécessaires au niveau de l'amélioration du rendement agricole, la mise en place et l'amélioration des infrastructures routières, l'instauration des activités génératrices de revenus et la mise en place des mesures de substitutions aux ressources naturelles recherchées par la population dans la Réserve Naturelle Forestière de Bururi (RNFB) (NYAMUYENZI Séverin [14]).

4.3 PROBLÉMATIQUE DE LA CONTRIBUTION DES POPULATIONS RIVERAINES À LA PROTECTION DU PNC

Les résultats mitigés des projets d'intégration des populations locales dans la conservation du parc n'ont pas réussi à éliminer les risques d'agression anthropique. Le parc de Taï connaît une situation similaire comme le soulignent Gérard Collin et Amadou Boureïma. Selon ces auteurs, les populations villageoises (encore plus celles de l'ouest, dont le domaine vital est "coincé" entre le parc et le fleuve Cavally qui fait frontière avec le Liberia) inquiètes de la perte de fertilité des sols, voient dans ce parc, un territoire riche qui leur est " injustement interdit dans leur situation de pauvreté. Il s'agit là du risque majeur des toutes prochaines années pour l'intégrité du bien. Par ailleurs, l'exploitation des forêts classées qui entourent le parc laisse de moins en moins de chance de constituer des corridors nécessaires au maintien de la biodiversité (Gérard Collin & Amadou Boureïma, 2006 [15]).

De ces constats, il apparaît important de souligner que l'existence d'incitations économiques n'a pas pour autant contribué à faire cesser les tensions liées à l'existence d'aires protégées, ni les violations des limites des espaces protégés. Ainsi, on note par exemple de fréquentes incursions d'éleveurs dans les grandes aires protégées de l'Est du Burkina Faso afin d'utiliser les ressources fourragères et l'eau des parcs, qui ne va pas sans avoir un impact sur la faune sauvage. En outre, même si l'on accepte ce présupposé, on peut encore se demander si les incitations paraissent suffisantes pour influencer les comportements. Cela ne semble pas être le cas. En effet, dans des contextes où les conditions de vie sont souvent d'une extrême précarité, chaque opportunité de financement est précieuse pour les populations qui acceptent les projets sans forcément être convaincues. Elles peuvent par exemple adhérer de manière ponctuelle ou partielle à un projet de conservation des ressources naturelles, surtout lorsqu'il s'agit en contrepartie de bénéficier d'infrastructures diverses. Cela ne signifie pas pour le moins qu'elles participent activement aux actions menées requérant une collaboration (Bénédicte Kippes, 2007 [16]).

5 CONCLUSION

La persistance des agressions anthropiques sur le Parc National de la Comoé (PNC) malgré les projets de développement local réalisés au profit des populations riveraines afin de favoriser leur implication dans la conservation dudit parc nous a amené à entreprendre cette étude. Au terme de notre étude, les résultats obtenus montrent que les projets réalisés ou annoncés dans le cadre de la gestion et la conservation participatives du parc ne sont pas parvenus à changer véritablement les comportements des riverains pour en faire des conservationnistes convaincus à cause de leurs conditions de vie socioéconomiques précaires. Le manque de viabilité des projets en est la parfaite illustration, en effet.

Non seulement les infrastructures de base devant concilier les objectifs de conservation et de développement sont quasi-inexistantes dans la plupart des villages visités, mais encore les financements de micro-projets en vue de l'autonomisation des villageois n'ont pas été à la hauteur de l'espérance des bénéficiaires en termes de taux de couverture et de résultats escomptés. En conséquence, comme le montre les résultats des enquêtes menées, le taux de participation des villageois à la conservation du parc est négligeable au regard des mesures prises pour sa sauvegarde. De manière évidente, les activités agro-pastorales se pratiquent à la périphérie et parfois à l'intérieur du parc (élevage surtout) ; le bois de chauffe, principale source de combustible des villageois provient généralement du parc.

Face aux résultats peu encourageants, les autorités et les bailleurs doivent accorder un intérêt particulier au financement des activités génératrices de revenus, principal souci des riverains mais également excellente mesure de substitutions aux ressources naturelles recherchées par les populations.

REFERENCES

- [1] PARE S. D. (2013), *Enjeux socio-économiques et conservation des ressources naturelles : dynamique des populations et perspectives de gestion durable de la forêt classée de Dida (Burkina-Faso)*, Université de Kinshasa RDC, 90 p.
- [2] GAUZE T.K.M., BIEMI J. & SORO K. (2014), "L'implication des populations riveraines condition essentielle à la gestion durable de la Réserve de Biosphère de la Comoé (RBC)". In *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8 No. 4, pp. 1679-1695.
- [3] Office Ivoirien des Parc et Réserves (2015), *Etat de conservation du parc national de la Comoé Côte d'Ivoire*, Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable, Abidjan, 14p.

- [4] ISSA M.-S., (2010), *Cadre de gestion environnementale et sociale (CGES) du projet d'appui à la conservation des aires protégées (PACAP)*, Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN), Cotonou, E2660 v. 1, 103 p.
- [5] YANGGEN D. (2010), *Rôle des moyens de subsistance alternatifs dans une approche de conservation centrée sur les populations : étude de cas sur la création d'une université communautaire de la conservation, Conservation à l'échelle du Paysage dans le Bassin du Congo : Leçons tirées du Programme régional pour l'environnement en Afrique centrale (CARPE)*, UICN, Gland, Suisse. pp145-148.
- [6] SALMON C., (2012), *Etude sur les interrelations humains-écosystèmes forestiers et leur évolution en fonction du programme REDD+ dans la Réserve de Biosphère de Luki*. Mémoire de master en bio-ingénierie : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, Université de Liège, Belgique. 101p.
- [7] MILOL A. et NDIKUMAGENGE C., (2010), *Planification de l'utilisation des terres pour la Gestion communautaire des ressources naturelles : leçons apprises, Conservation à l'échelle du Paysage dans le Bassin du Congo : Leçons tirées du Programme régional pour l'environnement en Afrique centrale (CARPE)*, Vol. 47, UICN, Gland, Suisse. pp113-115.
- [8] COLCHESTER M., (1996), *Au-delà de la « participation » : peuples autochtones, conservation de la diversité biologique et aménagement des aires protégées, dans la réalisation d'une approche de conservation centrée sur la population*, Unasylva 186, Vol. 47, pp33-39.
- [9] GAUZE T.K.M., BIEMI J. & SORO K. (2014), "L'implication des populations riveraines condition essentielle à la gestion durable de la Réserve de Biosphère de la Comoé (RBC)". In *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 8 No. 4, pp. 1679-1695.
- [10] Office Ivoirien des Parc et Réserves (2015), *Etat de conservation du parc national de la Comoé Côte d'Ivoire*, Ministère de l'Environnement, de la Salubrité Urbaine et du Développement Durable, Abidjan, 14p.
- [11] List, D. (2002). *Know Your Audience. A Practical Guide to Media Research*. Audience Dialogue. Online edition: <http://www.audiencedialogue.org/kya.htm>.
- [12] KIPPES, B. (2007), *Acteurs et enjeux de la gestion « communautaire » de la faune : L'exemple de la zone villageoise d'intérêt cynégétique de Boumoana dans l'Est burkinabè*, Institut de Géographie, Université de Lausanne, 221p.
- [13] PARE S. D. (2013), *Enjeux socio-économiques et conservation des ressources naturelles : dynamique des populations et perspectives de gestion durable de la forêt classée de Dida (Burkina-Faso)*, Université de Kinshasa RDC, 90 p.
- [14] NYAMUYENZI S. (2015), *Etude socio-économique en milieu riverain de la réserve naturelle forestière de Bururi*, Association Protection des Ressources Naturelles pour le Bien-Etre de la Population au Burundi (APRN/BEPB), Bujumbura, 106p.
- [15] GERARD C. & AMADOU B. (2006), *Rapport de mission de suivi de l'état de la conservation du Parc National de Taï en Côte d'Ivoire, site de Patrimoine Mondial*, Union Mondiale pour la Nature (UICN), UNESCO, Abidjan, 28 p.
- [16] KIPPES, B., (2007), *Acteurs et enjeux de la gestion « communautaire » de la faune : L'exemple de la zone villageoise d'intérêt cynégétique de Boumoana dans l'Est burkinabè*, Institut de Géographie, Université de Lausanne, 221p.

